

**APLIKASI PUPUK KANDANG AYAM DENGAN DOSIS MIKORIZA ARBUSKULA
DALAM MENINGKATKAN SERAPAN P TANAMAN JAGUNG MANIS PADA
TANAH ANDISOL**

Oleh

MUHAMMAD ZAINAL EFENDI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2018**

**APLIKASI PUPUK KANDANG AYAM DENGAN DOSIS MIKORIZA ARBUSKULA
DALAM MENINGKATKAN SERAPAN P TANAMAN JAGUNG MANIS PADA
TANAH ANDISOL**

Oleh

MUHAMMAD ZAINAL EFENDI

115040201111077

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Strata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2018

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2018

MUHAMMAD ZAINAL EFENDI



LEMBAR PERSETUJUAN**Aplikasi Pupuk Kandang Ayam dengan Dosis Mikoriza Arbuskula dalam Meningkatkan Serapan P Tanaman Jagung Manis pada Tanah Andisol**

Nama : Muhammad Zainal Efendi
NIM : 115040201111077
Program Studi : Agroekoteknologi
Minat : Manajemen Sumberdaya Lahan

Disetujui
Pembimbing Utama, Pembimbing Pendamping,

Dr.Ir.Yulia Nuraini,MS
NIP. 19611109 198503 2 001

Dr.Ir.Budi Prasetya,MP
NIP. 19610701 198703 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Tanah,

Prof. Dr. Ir.Zaenal Kusuma,SU
NIP. 19540501 198103 1 006

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Sudarto, MS
NIP. 19560317 198303 1 003

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS
NIP. 19611109 198503 2 001

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP
NIP. 19610701 198703 1 002

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

MUHAMMAD ZAINAL EFENDI. 115040201111077. Aplikasi Pupuk Kandang Ayam dengan Dosis Mikoriza Arbuskula dalam Meningkatkan Serapan P Tanaman Jagung Manis pada Tanah Andisol. Dibawah bimbingan Dr.Ir.Yulia Nuraini,MS sebagai Pembimbing Utama dan Dr.Ir.Budi Prasetya,MP sebagai Pembimbing Pendamping.

Tanah Andisol ini dicirikan oleh adanya sifat-sifat andik, yaitu mengandung bahan amorf yang tinggi yang tersusun atas mineral alofan, imogolit, ferrihidrit, atau senyawa kompleks Al – humus. Alofan merupakan mineral liat tanah yang paling reaktif karena mempunyai daerah permukaan khas yang sangat luas dan banyaknya terdapat gugus fungsional yang aktif (Imai *et al.*, 1981). Kehadiran senyawa aktif Al dan Fe yang cukup banyak dalam tanah menyebabkan P terjerap kuat pada struktur mineral ini atau terikat pada gugus fungsional OH atau H yang bermuatan positif (Shoji *et al.*, 1993). Untuk memproduksi jagung manis pada tanah Andisol akan mengalami permasalahan kebutuhan unsur hara P karena adanya jerapan P yang tinggi pada tanah Andisol. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap retensi P tanah, serapan P tanaman jagung manis, derajat koloni Mikoriza pada akar tanaman, dan jumlah spora Mikoriza pada tanah.

Penelitian dilaksanakan di Desa Sebaluh Kecamatan Pujon, Malang. Berlangsung dari bulan November 2016 sampai Januari 2017. Penelitian menggunakan faktor (1) dosis pupuk kandang ayam dengan 4 taraf (K0= 0 ton/ha, K1= 10 ton/ha, K2= 20 ton/ha, dan K3= 30 ton/ha), faktor (2) dosis Mikoriza dengan 3 taraf (M0= 0 g/tan, M1= 20 g/tan, dan M3= 30 g/tan). Parameter yang diamati meliputi pH tanah, P-tersedia, retensi P, jumlah spora Mikoriza, derajat koloni Mikoriza pada akar tanaman, kadar P tanaman, bobot kering tanaman dan serapan P tanaman. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 12 perlakuan diulang 3 kali sehingga didapatkan 36 unit tanaman yang diamati. Penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam anova taraf 5%. Analisis ragam anova yang nyata dapat dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf 5% dan analisis korelasi dan regresi antar parameter.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza memberikan pengaruh interaksi yang nyata. Penurunan retensi P terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 3,04 %, sedangkan penurunan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu menurunkan retensi – P pengamatan 60 hst sebesar 7,03 %. Peningkatan serapan P tanaman terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 256,80 mg/tan, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu meningkatkan serapan P tanaman jagung manis pengamatan 60 hst sebesar 549,45 mg/tan. Peningkatan derajat koloni Mikoriza terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 19,57 %, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu meningkatkan derajat koloni Mikoriza pengamatan 60 hst sebesar 58,69 %. Peningkatan jumlah spora Mikoriza terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 3,05 %, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu meningkatkan jumlah spora pengamatan 60 hst sebesar 4,89 %.

SUMMARY

MUHAMMAD ZAINAL EFENDI. 115040201111077. Application of Chicken Enclosure with Arbuscular Mycorrhiza Dosage (MA) in Increasing Sweet Corn P Uptake on Andisol Soil. Supervised by Dr. Yulia Nuraini,MS and Dr.Ir. Budi Prasetya,MP.

Andisol soil is characterized by the existence of the properties andik, which contains a high amorphous material composed of mineral allophane, imogilit, ferrihidrit, or compound of Al - humus. Alofan is the most reactive mineral clay soil because it has a very wide surface area and the number of active functional groups (Imai *et al.*, 1981). The presence of a considerable active Al and Fe compound in the soil causes P to be absorbed strongly in this mineral structure or attached to a positively charged OH or H functional group (Shoji *et al.*, 1993). To produce sweet corn on Andisol soil will experience problem of nutrient requirement of P due to high P poison in Andisol soil. The purpose of this research is to find out the effect of chicken manure and Inokulum Mikoriza on the retention of P soil, the uptake of sweet corn P, the degree of mycorrhizal colony on plant roots, and the number of mycorrhizal spores on the soil.

The research was conducted in Sebaluh Village, Pujon Sub-district, Malang. Taking place from November 2016 to January 2017. The research used factor (1) dosage of chicken manure with 4 levels (K0 = 0 ton/ha, K1 = 10 ton/ha, K2 = 20ton/ha, and K3 = 30 ton/ha), factor (2) dose of mycorrhiza with 3 levels (M0 = 0 g/tan, M1 = 20 g/tan, and M3 = 30 g/tan). Parameters observed included soil pH, P-available, P retention, number of Mycorrhizal spores, degree of Mycorrhizal colonies on plant roots, P content of plants, dry weight of plants and P uptake. The research using Factorial Random Complete Design (RALF) with 12 treatments was repeated 3 times so that 36 plants were observed. The research was analyzed using anova anova analysis of 5% level. The analysis of real anova variety can be continued with a true difference test (BNJ) of 5% and correlation and regression analysis between parameters.

The results showed that the application of chicken manure and Inokulum Mikoriza gave a real interaction effect. The decrease in retention of P started to occur in the K1M1 treatment of 3.04 %, while the greatest decrease occurred in the K3M2 treatment was able to decrease the retention - P 60 hst observation by 7.03 %. Increased P absorption of plants began to occur in K1M1 treatment of 256.80 mg/tan, while the greatest increase occurred in the treatment of K3M2 able to increase the uptake of sweet corn crop observation 60 hst for 549.45 mg/tan. Increasing the degree of mycorrhiza colony began to occur in treatment K1M1 of 19.57 %, while the largest increase occurred in treatment K3M2 able to increase the degree of colony Mikoriza observation 60 hst for 58.69 %. Increasing the number of mycorrhizal spores began to occur in the K1M1 treatment of 3.05 %, while the largest increase occurred in the treatment K3M2 able to increase the number of spores observations 60 hst of 4.89 %.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Aplikasi Pupuk Kandang Ayam dengan Dosis Mikoriza Arbuskular dalam Meningkatkan Serapan P Tanaman Jagung Manis pada Tanah Andisol”**. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga kesulitan yang penulis hadapi dapat teratasi.

Pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada Dr.Ir.Yulia Nuraini,MS dan Dr.Ir.Budi Prasetya,MP , selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi ini dari awal sampai akhir. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada ketua jurusan Prof. Dr.Ir. Zaenal Kusuma,SU, Seluruh staff pengajar pengajar Ilmu Tanah dan sumberdaya lahan Universitas Brawijaya. Staff Laboratorium penelitian kimia tanah ; Bu Sri wulandari, Pak wahyu yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian ini.

Penghargaan yang tulus penulis berikan Bapak Samsudiono dan Ibu Nurul kolipah, selaku kedua orang tua penulis yang telah memberikan beasiswa seumur hidup, serta memberikan bantuan baik motivasi, moril, spiritual maupun materil dari tetes keringat dan air mata yang tidak akan pernah dapat terbayar serta rekan – rekan Tanah khususnya Angkatan 2011 atas bantuan, dukungan dan kebersamaan selama ini.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat baik bagi rekan – rekan mahasiswa, pihak – pihak di lokasi penulis melaksanakan skripsi, masyarakat umum, dan berbagai pihak yang lainnya sekedar sebagai bahan ilmu pengetahuan serta bermanfaat bagi penulis khususnya.

Malang, Juli 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sidoarjo pada tanggal 05 Maret 1993 sebagai putra pertama dari Bapak Samsudiono dan Ibu Nurul Kolipah.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Medalem Kecamatan Tulangan Kabupaten Sidoarjo pada tahun 1999 sampai tahun 2005, kemudian penulis melanjutkan ke SLTPN 2 Krembung Kabupaten Sidoarjo pada tahun 2005 selesai pada tahun 2008. Pada tahun 2008 sampai tahun 2011 penulis studi di SMA Muhammadiyah 3 Tulangan Kabupaten Sidoarjo. Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata – 1 Jurusan Agroekoteknologi, Program studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur Undangan.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti kegiatan Program Orientasi Studi Terpadu (POSTER) pada tanggal 17 – 20 Agustus 2011. Pada tanggal 1 – 2 Oktober 2011 penulis mengikuti kegiatan Rangkaian Orientasi Program Studi Agroekoteknologi (RANTAI). Pada tanggal 07 – 19 Januari 2012 penulis mengikuti kegiatan INAGURASI 2011. Pada tahun 2014 penulis melakukan kegiatan Magang Kerja di PT. PG. Candi Baru Sidoarjo.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Hipotesis	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Alur Pemikiran	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanah Andisol	5
2.2 Pupuk Kandang Ayam	6
2.3 Mikoriza Arbuskula	7
2.4 Tanaman Jagung Manis	10
III. METODE PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Rancangan Penelitian	12
3.4 Pelaksanaan Penelitian	13
3.5 Parameter Pengamatan	15
3.6 Analisa Data	15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Karakteristik Awal Tanah dan Pupuk Kandang Ayam	16
4.2 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap pH Tanah Andisol	17
4.3 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap P – Tersedia Tanah Andisol	19
4.4 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Retensi P Tanah Andisol	22
4.5 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Derajat Koloni Mikoriza pada Akar Tanaman Jagung Manis	24
4.6 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Jumlah Spora Mikoriza pada Tanah Andisol	26
4.7 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Kadar P Tanaman Jagung Manis	28
4.8 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Bobot Kering Tanaman Jagung Manis	30
4.9 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Serapan P Tanaman Jagung	31
4.10 Hubungan Antar Parameter Pengamatan	33

V. KESIMPULAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	44



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Analisis Dasar Tanah Andisol dan Pupuk Kandang Ayam.....	13
2.	Parameter Pengamatan yang digunakan dalam Penelitian	15
3.	Hasil Analisis Dasar Tanah Andisol	16
4.	Hasil Analisis Pupuk Kandang Ayam	16
5.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap pH Tanah Andisol	18
6.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap P – Tersedia Tanah Andisol.....	21
7.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Retensi P Tanah Andisol23	
8.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Derajat Koloni Mikoriza pada Akar Tanaman Jagung Manis	25
9.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Jumlah Spora Mikoriza pada Tanah Andisol	27
10.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Kadar P Tanaman Jagung Manis	29
11.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Bobot Kering Tanaman Jagung Manis	30
12.	Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Serapan P Tanaman Jagung Manis	32

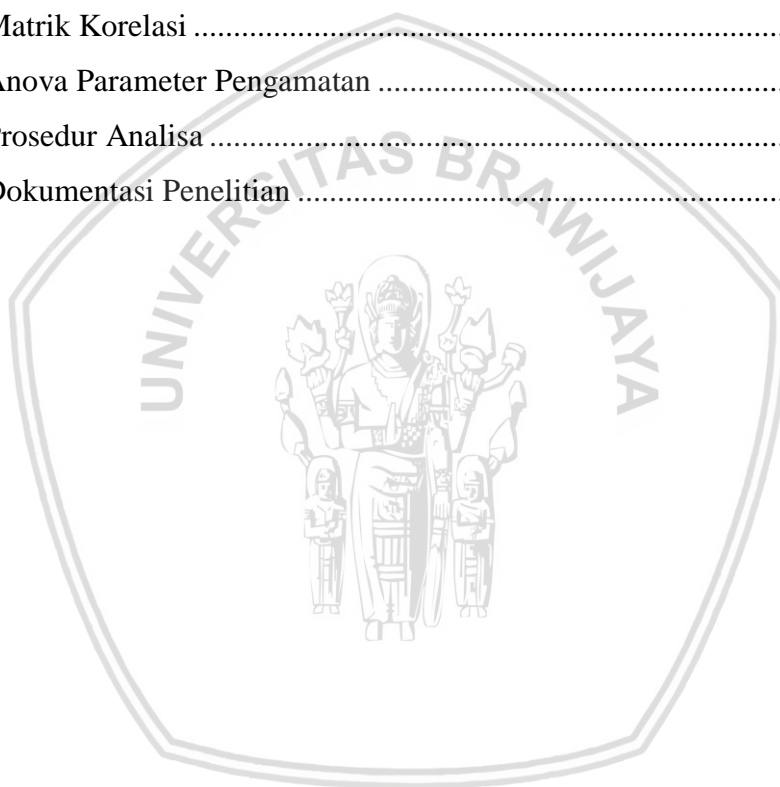
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pemikiran Penelitian.....	4
2.	Ektomikoriza (INVAM, 2005)	8
3.	Endomikoriza(INVAM, 2005)	8
4.	Hubungan rata – rata retensi P terhadap serapan P tanaman Jagung	33
5.	Hubungan derajat koloni Mikoriza terhadap serapan P Tanaman jagung	34
6.	Hubungan jumlah spora Mikoriza terhadap serapan P Tanaman jagung	35
7.	Hubungan kadar P tanaman dengan bobot kering tanaman Jagung	36
8.	Hubungan jumlah spora Mikoriza dengan derajat koloni Mikoriza	37



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kriteria Penilaian Tanah dan Pupuk	44
2.	Perhitungan Kebutuhan Pupuk.....	46
3.	Perhitungan Kebutuhan Air Metode Alhrick dan Berat Isi Tanah.....	47
4.	Deskripsi Tanaman Jagung Manis Varietas Talenta.....	48
5.	Matrik Korelasi	49
6.	Anova Parameter Pengamatan	50
7.	Prosedur Analisa	54
8.	Dokumentasi Penelitian	61



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Andisol merupakan tanah yang terbentuk dengan adanya bahan induk abu vulkan dan bahan organik yang tinggi. Pada tanah Andisol terdapat koloid mineral amorphous yang menunjukkan sebagai mineral alofan. Mineral alofan merupakan mineral yang dominan. Tanah Andisol mempunyai sifat fisik yang baik dan retensi unsur hara P yang tinggi. Tanah Andisol ini dicirikan oleh adanya sifat-sifat andik, yaitu mengandung bahan amorf yang tinggi yang tersusun atas mineral alofan, imogolit, ferrihidrit, atau senyawa kompleks Al – humus (Soil Survei Staff, 1998). Masalah P pada Andisol tidak saja karena ketersediaannya, tetapi juga karena sejumlah besar P yang harus ditambahkan untuk mengimbangi retensinya (Imai *et al.*, 1981; Wada, 1985). Retensi P bahkan bisa mencapai 99 %, yang menunjukkan hampir semua P yang diberikan ke dalam tanah dapat diikat (Balkovic, 2002). Pada kawasan DAS Kalikonto di wilayah Pujon dan Batu, tanah Andisol memiliki retensi P sebesar 95,30 % - 95,55 % (Prasetya, 2003). Akibat kuatnya fiksasi fosfat oleh mineral ini, maka ketersediaan fosfat yang mudah larut akan segera berkurang dan menurut Egawa (1977), hanya 10 % dari pupuk P yang diberikan dapat digunakan oleh tanaman. Tingginya persentase kehilangan pupuk P merupakan masalah serius yang banyak dijumpai pada tanah vulkanis.

Jagung manis merupakan tanaman serelia yang termasuk bahan pangan penting karena merupakan sumber karbohidrat kedua setelah beras. Sebagai salah satu sumber bahan pangan, jagung telah menjadi komoditas utama setelah beras (Purwono *et al.*, 2011). Untuk memproduksi komoditas jagung manis pada tanah Andisol akan mengalami permasalahan kebutuhan unsur hara P salah satunya yaitu retensi P dalam tanah Andisol sangat tinggi, jika tanaman jagung kekurangan unsur hara maka pertumbuhannya kurang maksimum atau bisa mengakibatkan tanaman menjadi mati. Menurut Lahuddin dan Zulkifli Nasution (2006), pada tanaman jagung mengalami gejala defisiensi unsur hara P akan terlihat dari warna daun yang akan berwarna keunguan atau kemerahan. Oleh karena itu pengelolaan Andisol perlu diarahkan untuk menurunkan kemampuan jerapan dan meningkatkan ketersediaan P antara lain dengan menggunakan asam organik yang berasal dari

pupuk kandang dan mikroba pelarut fosfat salah satunya yakni Mikoriza (Sukmawati, 2011).

Tanaman yang terinfeksi Mikoriza Arbuskular (MA) disebabkan hifa Mikoriza Arbuskular (MA) mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman (Musfal, 2008 dan Kabirun, 2002). Mikoriza mempunyai enzim fosfatase, dimana enzim tersebut dapat melepaskan P anorganik dari P organik di daerah permukaan sel dan dapat diserap melalui mekanisme serapan (Marschner, 1992). Penggunaan Inokulum Mikoriza dan pupuk kandang diharapkan dapat meningkatkan serapan unsur hara yang tersedia bagi tanaman jagung manis terutama unsur P pada tanah Andisol.

1.2 Tujuan

- 1) Mengetahui pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap retensi P pada tanah Andisol.
- 2) Mengetahui pengaruh pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap serapan P tanaman jagung manis pada tanah Andisol.
- 3) Mengetahui pengaruh pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap derajat koloni Mikoriza pada akar tanaman jagung manis di tanah Andisol.
- 4) Mengetahui pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap jumlah spora Mikoriza dalam tanah Andisol.

1.3 Hipotesis

- 1) Pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza dapat menurunkan retensi P pada tanah Andisol.
- 2) Pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza dapat meningkatkan serapan P tanaman jagung manis pada tanah Andisol.
- 3) Pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza dapat meningkatkan derajat koloni Mikoriza pada akar tanaman jagung manis di tanah Andisol.
- 4) Pemberian pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza dapat meningkatkan jumlah spora Mikoriza dalam tanah Andisol.

1.4 Manfaat

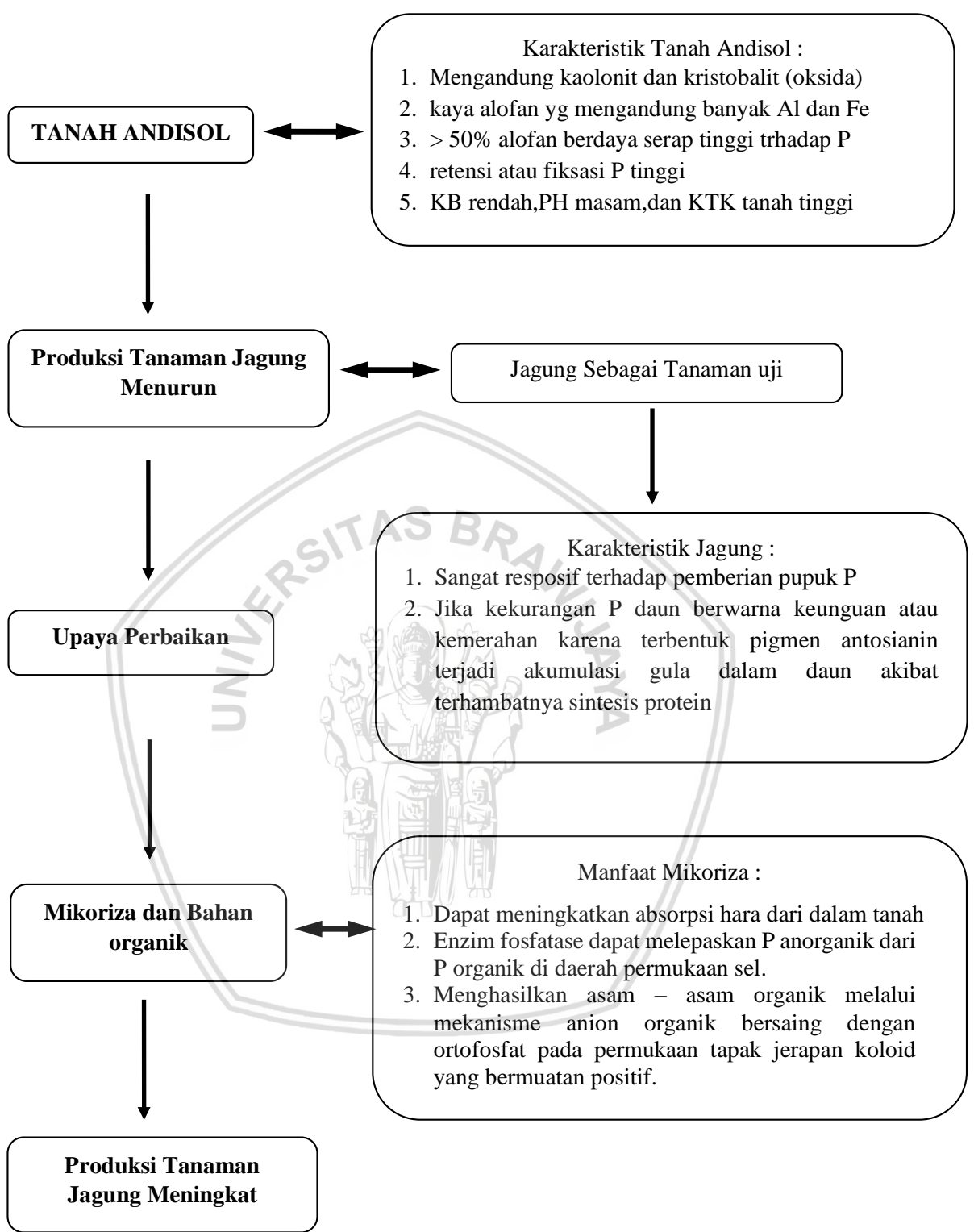
Hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi penggunaan pupuk kandang ayam dan pupuk hayati Mikoriza dalam pengelolaan tanah Andisol.

1.5 Alur Pemikiran

Tanah Andisol dicirikan oleh adanya sifat-sifat andik, yaitu mengandung bahan amorf yang tinggi yang tersusun atas mineral alofan, imogolit, ferrihidrit, atau senyawa kompleks Al-humus (Soil Survei Staff, 1998). Kehadiran senyawa aktif Al dan Fe yang cukup banyak dalam tanah menyebabkan P terjerap kuat pada struktur mineral ini atau terikat pada gugus fungsional OH atau H yang bermuatan positif (Shoji *et al.*, 1993). Alofan merupakan mineral liat tanah yang paling reaktif karena mempunyai daerah permukaan khas yang sangat luas dan banyaknya terdapat gugus fungsional yang aktif (Imai *et al.*, 1981). Untuk memproduksi tanaman jagung manis pada tanah Andisol mengalami permasalahan pada ketersediaan unsur hara P bagi tanaman.

Tanaman jagung manis menyerap P dari larutan tanah, tetapi tanaman yang kekurangan P dapat menyerap P dari bentuk yang tidak tersedia. Mekanisme ini terjadi apabila akar tanaman mengeluarkan eksudat yang menghasilkan asam – asam organik. Tanaman jagung dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai P tanah, karena tanaman tersebut peka terhadap kadar P yang rendah dalam tanah (Winarso, 2005).

Mikoriza mempunyai enzim fosfatase, dimana enzim tersebut dapat melepaskan P anorganik dari P organik di daerah permukaan sel dan dapat diserap melalui mekanisme serapan (Marschner, 1992). Tanaman yang terinfeksi Mikoriza Arbuskular (MA) disebabkan hifa Mikoriza Arbuskular (MA) mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman (Musfal, 2008 dan Kabirun, 2002). Oleh karena itu pengelolaan Andisol perlu diarahkan untuk menurunkan kemampuan jerapan dan meningkatkan ketersediaan P antara lain dengan menggunakan asam organik yang berasal dari pupuk kandang dan mikroba pelarut fosfat salah satunya yakni Mikoriza (Gambar 1).



Gambar 1. Alur pemikiran penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Andisol

Tanah Andisol dicirikan oleh adanya sifat-sifat andik, yaitu mengandung bahan amorf yang tinggi yang tersusun atas mineral alofan, imogolit, ferrihidrit, atau senyawa kompleks Al-humus (Soil Survei Staff, 1998). Andisol merupakan salah satu jenis tanah yang relatif subur namun mempunyai tingkat jerapan P yang tinggi karena dirajai oleh mineral amorf seperti alofan, imogolit, ferrihidrit dan oksida-oksida hidrat Al dan Fe dengan permukaan spesifik yang luas (Munir, 1996; Uehara dan Gillman, 1981). Sifat kimia tanah Andisol ditandai dengan reaksi tanah agak masam sampai netral (pH 5,0 – 6,5), kejenuhan basa sekitar 20 – 40 %, kapasitas tukar kation sekitar 20 – 30 me/100g, kandungan C dan N tinggi tetapi rasio C/N rendah, kandungan kalium (K) sedang, kandungan ketersediaan fosfor (P) rendah, berat jenis < 0.85% dan pada kapasitas lapang kelembaban tanah > 15% dan kandungan bahan organik pada lapisan atas 5 – 20 % (Tan, 1991). Pemberian pupuk P yang tinggi pada Andisol tidak menjamin ketersediaan P yang tinggi pula bagi tanaman, karena efisiensinya yang rendah yaitu 10 – 20 % (Hawkes *et al.*, 2007). Ketersediaan P yang rendah merupakan masalah utama Andisol karena retensi P tanah ini sangat tinggi (Van Ranst *et al.*, 1993).

Masalah P pada Andisol tidak saja karena ketersediaannya, tetapi juga karena sejumlah besar P yang harus ditambahkan untuk mengimbangi retensinya (Imai *et al.*, 1981; Wada, 1985). Retensi P bahkan bisa mencapai 99 %, yang menunjukkan hampir semua P yang diberikan ke dalam tanah dapat diikat (Balkovic, 2002). Pada kawasan DAS Kalikonto di wilayah Pujon dan Batu, tanah Andisol memiliki retensi P sebesar 95,30 % - 95,55 % (Prasetya, 2003). Hal ini berkaitan dengan keberadaan mineral ordo kisaran pendek seperti alofan dan imogolit yang mempunyai senyawa aluminium dan besi amorfus pada strukturnya yang bereaksi dengan P dan menyebabkan retensi tersebut (Beck *et al.*, 1999).

Sifat dan ciri morfologi kimia, dan fisika Andisol ini berkaitan erat dengan perilaku dan asal dari Al dan Fe aktif yang terdiri dari mineral liat nonkristalin seperti alofan dan ferrihidrit serta mineral liat parakristalin 'imogolit' (Wada, 1989). Kehadiran senyawa aktif Al dan Fe yang cukup banyak dalam tanah menyebabkan P terjerap kuat pada struktur mineral ini atau terikat pada gugus

fungsi OH atau H yang bermuatan positif (Shoji *et al.*, 1993). Alofan merupakan mineral liat tanah yang paling reaktif karena mempunyai daerah permukaan khas yang sangat luas dan banyaknya terdapat gugus fungsional yang aktif (Imai *et al.*, 1991). Kehadiran alofan memberikan sifat – sifat yang khas pada tanah. Hal ini disebabkan alofan mempunyai muatan bervariasi yang besar, KTK antara 20 sampai 50 me/100g sedangkan KTA antara 5 sampai 30 me/100g, struktur yang acak dan terbuka serta dapat mengikat fosfat dalam jumlah yang banyak (Wada, 1989; Tan, 1992; Van Ranst, 1995). Akibat kuatnya fiksasi fosfat oleh mineral ini, maka ketersediaan fosfat yang mudah larut akan segera berkurang dan menurut Egawa (1977), hanya 10 % dari pupuk P yang diberikan dapat digunakan oleh tanaman. Tingginya persentase kehilangan pupuk P merupakan masalah serius yang banyak dijumpai pada tanah vulkanis. Oleh karena itu pengelolaan Andisol perlu diarahkan untuk menurunkan kemampuan jerapan dan meningkatkan ketersediaan P antara lain dengan menggunakan asam organik yang berasal dari pupuk kandang dan mikroba pelarut fosfat salah satunya yakni Mikoriza (Sukmawati, 2011).

2.2 Pupuk Kandang Ayam

Pupuk kandang merupakan pupuk yang berasal dari kotoran hewan ternak (ayam, sapi, kambing, kelinci, dan lain – lain). Komposisi hara pada masing – masing kotoran hewan berbeda tergantung pada jumlah dan jenis makanannya. Bahan organik memiliki fungsi – fungsi penting dalam tanah yakni dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, memperbaiki daya sangga tanah dan memperbaiki ketersediaan beberapa unsur hara serta meningkatkan efisiensi penyerapan P; dan fungsi biologi sebagai sumber energi utama bagi aktivitas jasad renik tanah (Pramono, 2004). Ketersediaan hara sangat dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi/mineralisasi dari bahan – bahan tersebut. Rendahnya ketersediaan hara dari pupuk kandang antara lain disebabkan karena bentuk N, P serta unsur lain terdapat dalam bentuk senyawa kompleks organo protein atau senyawa asam humat atau lignin yang sulit terdekomposisi (Winarso, 2005).

Pupuk kandang ayam relatif lebih cepat terdekomposisi serta mempunyai kadar hara yang cukup tinggi untuk kandungan N = 3,21 %; P = 1,41 %; dan K = 1,88 %, jika dibandingkan dengan jumlah unit yang sama dengan pupuk kandang

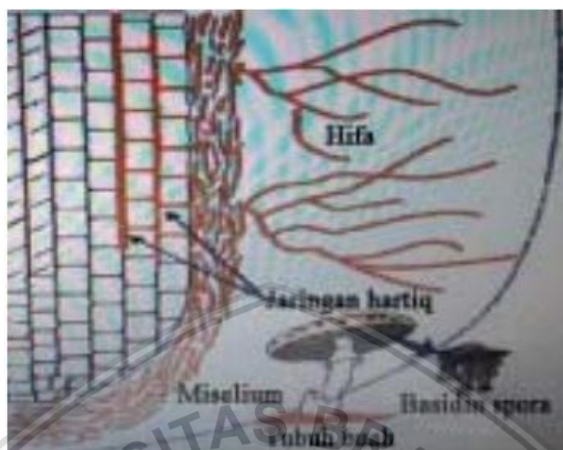
lainnya (Samekto, 2006). Pupuk kandang ayam dapat memperbesar ketersediaan P tanah melalui dekomposisi yang menghasilkan asam organik di dalam tanah. Asam tersebut menghasilkan ion yang dapat memutuskan ikatan antara P dengan unsur Al, Fe dan Mn sehingga P menjadi tersedia. Hakim (2006), menyatakan bahwa dari pelapukan bahan organik yang berasal dari kotoran ayam akan menghasilkan asam humat, asam vulvat, serta asam-asam organik lainnya. Asam – asam itu dapat mengikat logam seperti Al dan Fe, sehingga pengikatan P dikurangi dan P akan lebih tersedia. Anion-anion organik seperti sitrat, asetat, tartrat dan oksalat yang dibentuk selama pelapukan bahan organik dapat membantu pelepasan P yang diikat oleh hidroksida – hidroksida Al, Fe, dan Ca dengan jalan bereaksi dengannya, membentuk senyawa kompleks. Pupuk organik yang mengandung asam humat dan asam fulvat secara efektif berkompetisi dengan P pada tapak jerapan tanah melalui pembentukan kompleks Al – humus yang berkontribusi positif menurunkan daya retensi P pada tanah Andisol (Beck *et al.*, 1999).

2.3 Mikoriza Arbuskula

Mikoriza adalah suatu struktur sistem perakaran yang terbentuk sebagai manifestasi adanya simbiosis antara cendawan (myces) dan perakaran (Rhiza). Hubungan yang saling menguntungkan ini tanaman akan mendapatkan hara lebih banyak dari tanah, sedang cendawan mendapatkan fotosintat dari tanaman (Setiadi, 2000). Mikoriza adalah struktur khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikobion dalam ruang dan waktu (Nuhamara, 1993). Berdasarkan struktur tumbuh dan cara infeksi pada sistem perakaran inangnya, mikoriza dikelompokkan ke dalam 2 golongan besar, yaitu : 1) Ektomikoriza, dan 2) Endomikoriza.

- 1) Ektomikoriza : merupakan tipe yang paling dikenal dan mudah dilihat dengan mata biasa. Ektomikoriza menginfeksi tanaman – tanaman dari kelompok *Dipterocarpaceae*, *Pinaceae*, *Myrtaceae* dan *Leguminaceae*. Ektomikoriza mudah dikenali karena memiliki ciri sebagai berikut : akar terinfeksi membesar dan membentuk percabangan *dichotomous*, permukaan akar ditutupi oleh mycelia yang disebut fungal sheat (mantel), terdapat rhizomorph yaitu hifa yang menjorok keluar dan berfungsi sebagai alat yang efektif untuk penyerapan hara

dan air, mycelium cendawan ini membentuk selubung pada permukaan akar yang sering mencapai ketebalan tertentu diantara dinding sel-sel jaringan korteks yang disebut hartignet, serta hifa tidak masuk ke dalam sel, tetapi hanya berkembang di antara dinding sel jaringan korteks (Setiadi, 2000).



Gambar 1. Ektomikoriza (Invam, 2005)

- 2) Endomikoriza : memiliki karakteristik perakaran yang terinfeksi tidak membesar, hifa masuk ke dalam individu sel jaringan korteks, adanya struktur khusus berbentuk oval yang disebut vesicles, sistem percabangan hifa yang disebut arbuskulus. Berdasarkan jenis asosiasinya, endomikoriza dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu : *Ericaceous* mikoriza dari kelompok *Ascomycotina* yang berasosiasi dengan akar *Ericales*, *Orchidaceous* mikoriza dari kelompok *Basidiomycotina* yang bersimbiosis dengan tanaman anggrek dan mikoriza arbuskular (MA) dari kelompok *Endogonales* yang bersimbiosis dengan kelompok tanaman *Angiospermae*, *Gymnospermae* dan paku-pakuan (Sastrahidayat, 2005).



Gambar 2. Endomikoriza (Invam, 2005)

Bagian penting pada MA adalah hypha eksternal yang dibentuk di luar akar tanaman. Hypha cendawan ini menyebar dalam akar tanaman dalam bentuk hypha linear atau gulungan hypha (Brundrett *et al.*, 1996). Hypha eksternal adalah struktur filamentous fungal yang bercabang dalam tanah, yang bertanggung jawab atas diduplikasinya nutrisi, perkembangbiakan asosiasi, formasi spora dan lain-lain. Hypha ini membantu memperluas daerah penyerapan akar tanaman. Jumlah miselium eksternal dapat mencapai 80 cm per jam/cm panjang akar. Arbuskular adalah houstoria dengan cabang yang ruwet yang dibentuk di dalam korteks akar. Arbuskular ini dibentuk oleh percabangan *dichotomous* yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon kecil di dalam sel inangnya. Arbuskular merupakan hifa bercabang halus yang dapat meningkatkan 2-3 kali luas permukaan plasmolema akar, dan dapat digunakan untuk memindahkan nutrisi antara jamur dan tanaman. Arbuskular terbentuk 2-3 hari setelah infeksi.

Mikoriza Arbuskular dapat meningkatkan serapan hara N, P, K dalam tanah sehingga dapat mencukupi kebutuhan hara tanaman. Akar tumbuhan yang bersimbiosis dengan Inokulum Mikoriza Arbuskular lebih efisien dalam penyerapan air dan unsur hara dibandingkan dengan akar tumbuhan yang tidak bersimbiosis dengan Mikoriza Arbuskular (Gange, 2000). Tanaman yang terinfeksi Mikoriza Arbuskular (MA) mampu menyerap unsur P yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak terinfeksi. Tingginya serapan P oleh tanaman yang terinfeksi Mikoriza Arbuskular (MA) disebabkan hifa Mikoriza Arbuskular (MA) mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman (Musfal, 2008 dan Kabirun, 2002). Mikoriza mempunyai enzim fosfatase, dimana enzim tersebut dapat melepaskan P anorganik dari P organik di daerah permukaan sel dan dapat diserap melalui mekanisme serapan (Marschner, 1992). Peranan MVA dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan P dan unsur lain melalui 3 mekanisme berikut ini: 1) Modifikasi kelarutan P dalam tanah, 2) Perpendekan jarak difusi, dan 3) mekanisme penyerapan P.

- 1) Modifikasi kimia oleh mikoriza dalam proses kelarutan P Tanah. Pada tahap ini terjadi modifikasi kimia oleh mikoriza terhadap akar tanaman, sehingga tanaman mengeksudasi asam – asam organik dan enzim fosfatase asam

memicu proses mineralisasi P. Oksidasi akar tersebut terjadi sebagai respon tanaman terhadap kondisi tanah yang kahat P, yang mempengaruhi kimia rhizosfer (Marschner, 1992).

- 2) Perpendekan jarak difusi oleh tanaman bermikoriza. Mekanisme utama bagi pergerakan P ke permukaan akar melalui difusi yang terjadi akibat adanya gradien konsentrasi serta merupakan proses yang sangat lambat, jarak difusi ion fosfat tersebut dapat diperpendek dengan hifa eksternal MA, yang juga berfungsi sebagai alat penyerap dan translokasi fosfat (Sastrahidayat, 2005).
- 3) Penyerapan P tetap terjadi pada tanaman bermikoriza meskipun terjadi penurunan konsentrasi minimum P. Konsentrasi P dalam larutan tanah dapat menjadi sangat rendah dan mencapai konsentrasi minimum yang dapat diserap akar, hal ini terjadi akibat terjadinya proses penyerapan ion fosfat yang ada dipermukaan akar. Di bawah konsentrasi minimum tersebut akar tidak mampu lagi menyerap P dan unsur hara lainnya, sedangkan pada akar bermikoriza, penyerapan tetap terjadi sekalipun konsentrasi ion fosfat berada di bawah konsentrasi minimum yang dapat diserap oleh akar. Proses ini terjadi karena afinitas hifa eksternal yang lebih tinggi atau peningkatan daya tarik menarik ion – ion P menyebabkan pergerakan P lebih cepat ke dalam hifa MA (Marschner, 1992).

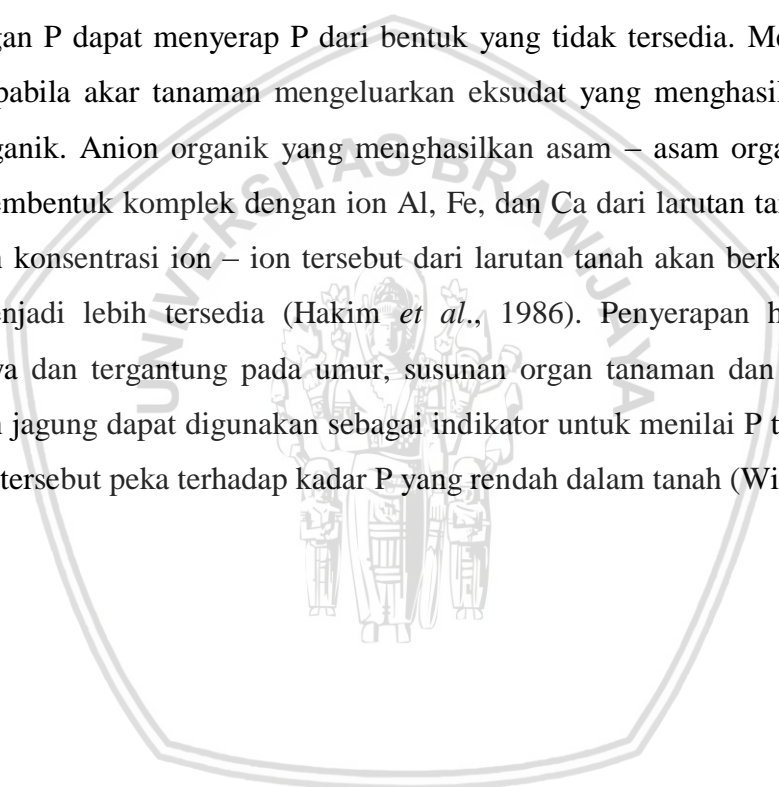
2.4 Tanaman Jagung Manis

Jagung manis merupakan tanaman serelia yang termasuk komoditas strategis dilihat dari perannya sebagai sumber karbohidrat kedua setelah beras dan juga sebagai bahan baku pakan ternak, yang berarti jagung mempunyai peran penting dalam penyediaan protein hewani, karena itu komoditas ini perlu ditingkatkan kapasitas produksinya. Kebutuhan jagung terus meningkat dari tahun ketahun sejalan dengan peningkatan taraf hidup ekonomi masyarakat dan kemajuan industri pakan ternak sehingga perlu upaya peningkatan produksi. Produktivitas tanaman jagung manis di wilayah Malang, Jawa Timur pada tahun 2014 sebesar 38,04 ku/ha dan pada tahun 2016 meningkat sebesar 4,88 ku/ha sehingga menjadi 42,92 ku/ha (BPS, 2017).

Jagung manis dapat ditanam di Indonesia mulai dari dataran rendah sampai di daerah pegunungan yang memiliki ketinggian antara 1000 – 1800 m dpl. Daerah

dengan ketinggian optimum antara 0 – 600 m dpl merupakan ketinggian yang baik bagi pertumbuhan tanaman jagung manis. Tempat dengan curah hujan 85–200 mm/bulan, suhu udara 23-27 °C (ideal), dan pH tanah 5,6-7,5 adalah ideal. Jenis tanah tidak terlalu penting, asalkan aerasi baik dan ketersediaan air mencukupi. Jagung manis memerlukan cahaya matahari langsung untuk tumbuh dengan normal. Jagung manis membutuhkan unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro yang esensial untuk jagung manis antara lain nitrogen, fosfor, dan kalium (Winarso, 2005).

Tanaman jagung manis menyerap P dari larutan tanah, tetapi tanaman yang kekurangan P dapat menyerap P dari bentuk yang tidak tersedia. Mekanisme ini terjadi apabila akar tanaman mengeluarkan eksudat yang menghasilkan asam – asam organik. Anion organik yang menghasilkan asam – asam organik tersebut dapat membentuk kompleks dengan ion Al, Fe, dan Ca dari larutan tanah. Dengan demikian konsentrasi ion – ion tersebut dari larutan tanah akan berkurang dan P akan menjadi lebih tersedia (Hakim *et al.*, 1986). Penyerapan hara berbeda jumlahnya dan tergantung pada umur, susunan organ tanaman dan varietasnya. Tanaman jagung dapat digunakan sebagai indikator untuk menilai P tanah, karena tanaman tersebut peka terhadap kadar P yang rendah dalam tanah (Winarso, 2005)



III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian berlangsung dari bulan November 2016 sampai Januari 2017. Penelitian dilakukan di rumah plastik di Dusun Maron Sebaluh Desa Sebaluh, Pujon, Malang dan Analisa tanah, tanaman dilakukan di Laboratorium Kimia Jurusan Ilmu tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Alat dan Bahan

Alat – alat yang digunakan pada lahan yaitu cangkul, *polybag* (pot), ayakan, sedangkan yang digunakan pada laboratorium yaitu spektrofotometer, pH meter, timbangan, oven, tabung reaksi, mesin pemanas, dan mikroskop binokuler.

Bahan yang digunakan adalah benih jagung manis varietas Talenta, pupuk hayati Mikoriza, pupuk kandang ayam, pupuk urea; pupuk SP-36; KCL sebagai pupuk dasar, dan sebagai media tanamnya digunakan jenis tanah Andisol yang diambil didaerah Pujon, Malang.

3.3 Rancangan Penelitian

Perlakuan yang dilakukan pada penelitian ini adalah faktor dosis pupuk kandang ayam dan faktor dosis mikoriza. Perlakuan tersebut sebagai berikut : (I) dosis pupuk kandang ayam (K), dan (II) dosis Mikoriza (M)

Faktor I : Dosis pupuk kandang ayam (K) terdiri atas empat taraf, yaitu :

K0 = Tanpa pemberian dosis pupuk kandang ayam.

K1 = Pupuk kandang ayam dengan dosis 10 ton/ha setara 32, 05 g/pot

K2 = Pupuk kandang ayam dengan dosis 20 ton/ha setara 64,10 g/pot

K3 = Pupuk kandang ayam dengan dosis 30 ton/ha setara 96,15 g/pot

Faktor II : Dosis Mikoriza (M) terdiri atas tiga taraf, yaitu :

M0 = Tanpa pemberian dosis mikoriza.

M1 = Pemberian Mikoriza dengan dosis 20 g/tan atau dengan 35 Spora Mikoriza.

M2 = Pemberian Mikoriza dengan dosis 30 g/tan atau dengan 45 Spora Mikoriza.

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 12 perlakuan diulang 3 kali sehingga didapatkan 36 unit tanaman yang diamati.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 20 – 30 cm dengan menggunakan cangkul dan dimasukkan kedalam 36 polybag. Setiap 1 polybag diisi tanah 10 kg setara kering oven. Tanah yang sudah dimasukkan ke dalam masing – masing polybag kemudian diberikan perlakuan pupuk kandang ayam dengan dosis 10 ton/ha, pupuk kandang ayam dengan dosis 20 ton/ha, dan pupuk kandang ayam dengan dosis 30 ton/ha (Lampiran 2b). Pemberian pupuk kandang ayam dilakukan dengan cara mencampurkan pada tanah menggunakan tangan, sedangkan pemberian dosis Mikoriza 0 g/tan, 20 g/tan, 30 g/tan dilakukan saat bersamaan dengan penanaman biji jagung dan diletakkan disekitar biji jagung.

3.4.2 Analisa Dasar Tanah dan Pupuk Kandang Ayam

Analisa dasar dapat dilakukan setelah pengambilan sampel tanah Andisol dan sebelum diberikan perlakuan. Analisa dasar tanah Andisol meliputi : pH, C – organik, Retensi P, KTK, P – tersedia dan jumlah spora mikoriza sedangkan analisa dasar pupuk kandang ayam meliputi : pH, C – organik, C/N, N, P, K (Tabel 1). Analisa dasar tanah dan pupuk dapat dilakukan di laboratorium kimia tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Tabel 1. Analisis Dasar Tanah Andisol dan Pupuk Kandang Ayam

No.	Sampel	Jenis Analisa	Metode
1	Tanah	pH (H ₂ O)	pH meter
		C - Organik (%)	Walkey and Black
		KTK (me/100g)	NH ₄ OAc N pH 7.0
		P - Tersedia (ppm)	Bray 1
		Retensi - P (%)	Blackmore (1981)
		Jumlah Spora Mikoriza	Pengayakan Basah
2	Pupuk Kandang Ayam	pH (H ₂ O)	pH meter
		C - Organik (%)	Walkey and Black
		N – total (%)	Kjeldahl
		P – total (%)	(HNO ₃ +HClO ₄)
		K – total (%)	(HNO ₃ +HClO ₄)
		C/N	Perhitungan

3.4.3 Penanaman

Penanaman dapat dilakukan pada 36 polybag setelah diberi masing – masing perlakuan dan dibiarkan selama \pm 1 minggu. Benih tanaman jagung manis varietas Talenta (Lampiran 4) ditanam dalam polybag sebanyak 3 biji dan setelah berumur 7 hari disisakan hanya 1 tanaman yang pertumbuhannya paling baik dan seragam dalam setiap polybag.

3.4.4 Pemupukan

Pemupukan pada tanaman jagung masing – masing tanaman diberikan sesuai dengan dosis yang dianjurkan (Syekhfani, 2000) yaitu urea = 200 kg/ha, SP-36 = 75 kg/ha dan KCL = 50 kg/ha (lampiran 2a). Pemberian pupuk dilakukan 3 tahap yaitu: Pada tahap 1 (Pupuk Dasar) diberikan pada saat bersamaan dengan waktu penanaman dengan dosis 1/3 bagian urea dan satu bagian SP-36, Pada tahap 2 (Susulan I) diberikan pada saat tanaman berumur 30 hari setelah tanam dengan dosis 1/3 bagian urea ditambah 1/3 bagian KCL, dan Pada tahap 3 (Susulan II) diberikan pada saat tanaman berumur 45 hari setelah tanam dengan dosis 1/3 bagian urea. Pupuk dapat diletakkan, tidak terlalu dekat dan tidak terlalu jauh dari tanaman. Peletakan pupuk harus membuat lubang \pm 5 cm kemudian pupuk dimasukkan kedalam lubang tersebut dan ditutup dengan tanah.

3.4.5 Perawatan Tanaman

Perawatan tanaman dilakukan setiap pagi dan sore hari, meliputi :

1) Pengairan, 2) Penyiangan gulma, dan 3) Perlindungan hama tanaman.

1. Pengairan

Pemberian air pada tanaman jagung dilakukan menggunakan gelas plastik ukuran 240 ml, diberikan setiap pagi dan sore hari. Kebutuhan air tanaman jagung dilakukan secukupnya sesuai dengan kapasitas lapangan menggunakan Metode Alhricks (Lampiran 3), kecuali bila tanah telah lembab bertujuan menjaga agar tanaman tidak layu.

2. Penyiangan gulma

Penyiangan gulma dilakukan dengan cara manual yakni mencabut secara langsung menggunakan tangan jika melihat gulma yang tumbuh pada saat melakukan pemberian air.

3. Perlindungan hama dan penyakit tanaman

Perlindungan serangan hama dan penyakit tanaman dapat dilakukan pada saat bersamaan dengan pemberian air dan pengamatan. Perlindungan serangan hama dapat dilakukan secara manual yakni mengambil secara langsung hama yang ditemukan pada tanaman.

3.5 Parameter Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dengan 2 sampel yakni sampel tanah dan sampel tanaman. Sampel tanah meliputi P – tersedia, Retensi – P, dan Jumlah Spora Mikoriza, sedangkan pada sampel tanaman meliputi derajat infeksi akar, kadar P tanaman, Bobot kering tanaman, dan serapan P tanaman (Tabel 2). Pada pengamatan P – tersedia (ppm) menggunakan Metode Bray I, pengamatan jumlah spora Mikoriza menggunakan Metode pengayakan basah, pada pengamatan derajat infeksi Mikoriza (%) menggunakan Metode pewarnaan Tryphan Blue, pengamatan kadar P tanaman (%) menggunakan Metode pengabuan basah, dan pada pengamatan serapan P tanaman (mg/tan) menggunakan Metode perhitungan antara kadar P tanaman \times bobot kering tanaman.

Tabel 2. Parameter Pengamatan yang digunakan dalam Penelitian

Sampel	Jenis Analisa	Metode	Waktu Pengamatan
Tanah	pH Tanah (H ₂ O)	pH Meter	7, 30 dan 60 HST
	P-Tersedia (ppm)	Bray I	7, 30 dan 60 HST
	Retensi P (%)	Blackmore (1981)	7, 30 dan 60 HST
	Jumlah spora	Pengayakan Basah	60 HST
Tanaman	Derajat Infeksi (%)	Pewarnaan Tryphan Blue	60 HST
	Kadar P (%)	Pengabuan Basah	60 HST
	Bobot Kering (g)	Timbangan	60 HST
	Serapan P (mg/tan)	Perhitungan	60 HST

3.6 Analisis Data

Penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam anova taraf 5%. Analisis ragam anova yang nyata dapat dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) taraf 5% dan analisis korelasi serta regresi antar parameter.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Awal Tanah Andisol dan Pupuk Kandang Ayam

Data sifat kimia tanah awal sebelum diberi perlakuan (Tabel 3) dan sifat kimia pupuk kandang ayam sebelum diaplikasikan (Tabel 4).

Tabel 1. Hasil Analisis Dasar Tanah Andisol

No.	Parameter	Satuan	Nilai	*Keterangan
1	pH (H ₂ O)		5,53	Agak Masam
2	pH (KCl 1N)		4,57	
3	C – Organik	%	2,61	Sedang
4	Bahan Organik		4,52	
5	P – Tersedia	Ppm	7,45	Rendah
6	KTK	me/100g	26,19	Tinggi
7	Retensi P	%	95,59	Tinggi
8	Jumlah Spora Mikoriza	/100g	164	

*Sumber : Balai Penelitian Tanah, 2009.

Berdasarkan kriteria penilaian Balai Penelitian Tanah 2009 (Lampiran 1a), tanah Andisol mempunyai pH agak masam yaitu sebesar 5,53, kandungan C – Organik tergolong sedang yaitu sebesar 2,61 %, kandungan P – tersedia tergolong rendah yaitu sebesar 7,45 ppm, kandungan kapasitas tukar kation (KTK) tergolong tinggi yaitu sebesar 26,19 me/100g dan retensi P tergolong sangat tinggi yaitu sebesar 95,59 % (Tabel 3). Berdasarkan hasil analisa dasar tanah Andisol, dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut memiliki tingkat kesuburan yang tinggi, dengan faktor pembatas adanya faktor retensi P yang sangat tinggi. Apabila kandungan retensi P yang tinggi tidak diperhatikan dan diperbaiki maka dosis pemupukan P akan dibutuhkan dalam jumlah yang banyak serta produksi tanaman jagung tidak akan mencapai optimal.

Tabel 2. Hasil Analisis Pupuk Kandang Ayam

No.	Parameter	Satuan	Hasil	*Standart Mutu
1	pH (H ₂ O)		7,2	4 – 9
2	C – Organik	%	21,58	Min 15
3	Bahan Organik		37,33	
4	N – Total	%	1,39	Sesuai
5	C/N		15,52	15 – 25
6	P – Total	%	1,57	Sesuai
7	K – Total	%	0,67	Sesuai

*Sumber : PERMENTAN, 2011.

Berdasarkan dari hasil analisis dasar pupuk kandang ayam diperoleh nilai pH sebesar 7,2, kandungan C – Organik sebesar 21,58 %, kandungan N – total sebesar 1,39 %, kandungan C/N sebesar 15,52, kandungan P – total sebesar 1,57% dan kandungan K – total sebesar 0,67 %. Hasil analisis dasar pupuk kandang ayam memenuhi persyaratan teknis pupuk organik (Lampiran 1b) dan siap untuk diaplikasikan pada tanah. Menurut Sutanto (2002) mengatakan bahwa, apabila nisbah C/N pupuk organik berkisar 20 atau lebih kecil, maka pupuk organik tersebut dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Nisbah C/N pupuk organik yang baik berkisar antara 5 dan 20.

4.2 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap pH Tanah Andisol

Berdasarkan hasil analisis tanah, pengaruh pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terdapat interaksi yang nyata dalam meningkatkan pH tanah (Lampiran 6a). Pada pH tanah Andisol, didapatkan nilai kontrol (K0M0) sebesar 5,55 mulai terjadi peningkatan pH tanah pada perlakuan tanpa pupuk kandang ayam dengan dosis Inokulum Mikoriza 20 g/tan (K0M1) sebesar 1,80 %. Pemberian pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 0 g/tan juga meningkatkan pH tanah sebesar 1,62 % sedangkan peningkatan tertinggi pada pH tanah yakni pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dengan dosis 30 g/tan (K3M2) mendapatkan hasil pH sebesar 6,07 pada pengamatan 7 HST (Tabel 5). Hal ini diduga akibat pemberian pupuk kandang ayam menghasilkan asam – asam organik dari proses dekomposisi bahan organik yang digunakan. Pemberian Inokulum Mikoriza memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan pH tanah yang disebabkan oleh Inokulum Mikoriza berperan untuk membantu mempercepat proses dekomposisi dari bahan organik yang berada disekitarnya serta sebagai sumber makanan bagi Inokulum Mikoriza. Berpengaruhnya bahan organik terhadap pH tanah karena adanya asam – asam organik hasil dekomposisi bahan organik yang berperan dalam pengkhelatan logam – logam seperti Al dan Fe sehingga pH tanah dapat meningkat (Hue *et al.*, 1986).

Tabel 3. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap pH Tanah Andisol

Perlakuan	pH tanah (H ₂ O)					
	7 HST	*Peningkatan	30 HST	*Peningkatan	60 HST	*Peningkatan
		Katan		Katan		katan
K0M0	5,55 a	0	5,55 a	0	5,56 a	0
K0M1	5,65 b	1,80	5,67 b	2,16	5,69 bc	2,33
K0M2	5,66 b	1,98	5,67 b	2,16	5,69 bc	2,33
K1M0	5,64 b	1,62	5,65 b	1,80	5,67 b	1,97
K1M1	5,70 c	2,70	5,72 c	3,06	5,85 cd	5,21
K1M2	5,73 cd	3,24	5,75 cd	3,60	5,79 c	4,13
K2M0	5,65 b	1,80	5,66 b	1,98	5,69 b	2,33
K2M1	5,74 d	3,42	5,75 cd	3,60	5,84 cd	5,03
K2M2	5,93 e	6,85	5,96 d	7,38	5,98 d	7,55
K3M0	5,68 bc	2,34	5,69 bc	2,52	5,75 bc	3,42
K3M1	5,75 d	3,60	5,76 cd	3,78	5,96 de	7,19
K3M2	6,07 f	9,37	6,09 e	10,63	6,21 e	11,69

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Persentase peningkatan pH tanah terhadap kontrol (%).

K0 = pupuk kandang ayam 0 ton ha⁻¹; K1 = pupuk kandang ayam 10 ton ha⁻¹; K2 = pupuk kandang ayam 20 ton ha⁻¹; K3 = pupuk kandang ayam 30 ton ha⁻¹; M0 = Mikoriza 0 g tan⁻¹; M1 = Mikoriza 20 g tan⁻¹; M2 = Mikoriza 30 g tan⁻¹.

Berdasarkan dari hasil uji lanjut BNJ taraf 5%, bahwa pemberian pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha, 20 ton/ha, dan 30 ton/ha menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol dan adanya pemberian Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan dan 30 g/tan menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol dalam meningkatkan pH tanah (Tabel 5). Pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan (K1M1) pengamatan 7 HST sampai dengan pengamatan 60 HST mengalami peningkatan pH tanah sebesar 2,70 % sampai 5,21 %. Hal ini disebabkan karena adanya interaksi antara pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza yang mampu meningkatkan pH tanah.

Pupuk kandang ayam dapat meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah Andisol. Dekomposisi dari bahan organik akan membentuk senyawa organik yaitu asam fulfat dan asam humat yang dapat mengkhelat ion logam dalam tanah yang masam sehingga dapat meningkatkan pH tanah yang masam. Peningkatan pH tanah dapat terjadi karena adanya dekomposisi bahan organik yang menghasilkan

asam – asam organik yang dapat mengikat logam seperti Al dan Fe yang terdapat di dalam tanah Andisol sehingga dapat mengurangi kemasaman pada tanah. Pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 30 ton/ha dan Inokulum Mikoriza dosis 30 g/tan (K3M2) merupakan perlakuan yang memiliki peningkatan tertinggi pada parameter pH tanah Andisol. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan pupuk kandang ayam dengan dosis yang tinggi akan meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah serta dengan adanya Inokulum Mikoriza dengan dosis yang tinggi akan membantu mempercepat proses dekomposisi bahan organik yang ada di dalam tanah. Peningkatan pH tanah sangat berhubungan erat dengan P – tersedia dalam tanah (Lampiran 5). semakin tinggi pH tanah maka akan semakin besar P – tersedia dalam tanah. Hal ini disebabkan karena adanya faktor pupuk kandang ayam yang menghasilkan asam – asam organik seperti asam humat dan asam fulvat yang dapat mengikat logam seperti Al dan Fe sehingga dapat mengurangi kemasaman pada tanah serta meningkatkan ketersediaan P dalam tanah.

Pelapukan bahan organik akan menghasilkan asam humat, asam Fulvat, serta asam-asam organik lainnya. Asam-asam itu dapat mengikat logam seperti Al dan Fe, sehingga pengikatan P dikurangi dan P akan lebih tersedia. Anion – anion organik seperti sitrat, asetat, tartrat dan oksalat yang dibentuk selama pelapukan bahan organik dapat membantu pelepasan P yang diikat oleh hidroksida-hidroksida Al, Fe, dan Ca dengan jalan bereaksi dengannya, membentuk senyawa kompleks (Widowati *et al.*, 2005).

4.3 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap P – Tersedia Tanah Andisol

Berdasarkan hasil analisis tanah, pengaruh pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terdapat interaksi yang nyata dalam meningkatkan P – tersedia tanah Andisol (Lampiran 6g). Pada P – tersedia tanah Andisol, didapatkan nilai kontrol (K0M0) sebesar 7,35 ppm, mulai terjadi peningkatan P – tersedia pada perlakuan pupuk kandang ayam 10 ton/ha dengan dosis Inokulum Mikoriza 20 g/tan (K1M1) sebesar 7,64 ppm. Pemberian pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha, 20 ton/ha, dan 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 0 g/tan menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol. Pemberian Inokulum Mikoriza tanpa dosis pupuk kandang ayam juga menunjukkan tidak berbeda nyata dengan

kontrol. Hal ini disebabkan karena adanya Al dan Fe yang tinggi dalam tanah andisol yang memblok P dalam tanah menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Peningkatan ketersediaan P dalam tanah dapat terjadi pada perlakuan kombinasi antara pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza. Pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan (K1M1) mampu meningkatkan ketersediaan P sebesar 7,64 ppm, sedangkan peningkatan tertinggi ketersediaan P pada tanah Andisol yakni pada perlakuan kombinasi antara pupuk kandang ayam dengan dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dengan dosis 30 g/tan (K3M2) dapat meningkatkan ketersediaan P sebesar 15,06 ppm pada pengamatan 7 HST (Tabel 6). Hal ini diduga akibat pemberian pupuk kandang ayam menghasilkan asam – asam organik dari proses dekomposisi bahan organik yang digunakan serta peran Inokulum Mikoriza yang dapat membantu melepaskan P yang terikat oleh Al dan Fe menjadi P yang tersedia bagi tanaman. Kemampuan dari mikoriza dalam melepaskan P tanah dari bentuk yang sukar larut menjadi bentuk larut sehingga P tersedia meningkat walaupun relatif kecil pengaruhnya (Sufardi *et al.*, 2003).

Kadar P tersedia dalam Andisol yang rendah terjadi karena adanya fiksasi yang kuat oleh bahan alofan dan lambatnya proses mineralisasi fosfat dari bahan organik. Menurut Prasetya (2005), bahwa Bahan – bahan amorf mempunyai area permukaan spesifik (specific surface area) yang sangat luas dan kandungan Al – nya sangat reaktif sehingga dapat memfiksasi fosfat dalam jumlah banyak. Oleh karena itu pemberian pupuk kandang ayam tidak dapat menjamin ketersediaan P bagi tanaman pada tanah Andisol. Penambahan pupuk kandang ayam yang mampu menyumbangkan unsur P dalam tanah dan Mikoriza yang berperan membantu mempercepat proses dekomposisi pupuk kandang ayam serta melepaskan unsur P yang terikat dalam tanah menjadi unsur yang tersedia bagi tanaman.

Tabel 4. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap P – tersedia Tanah Andisol

Perlakuan	P – Tersedia (ppm)					
	7 HST	*Peningkatan Katan	30 HST	*Peningkatan Katan	60 HST	*Peningkatan Katan
K0M0	7,35 a	0	7,43 a	0	7,53 a	0
K0M1	7,37 a	0,02	7,44 a	0,01	9,92 ab	2,39
K0M2	9,81 ab	2,46	9,87 ab	2,44	9,98 ab	2,36
K1M0	7,39 a	0,04	7,44 ab	0,01	7,57 a	0,04
K1M1	14,99 b	7,64	17,33 b	9,90	17,47 b	9,94
K1M2	17,51 bc	10,16	17,33 b	9,90	17,67 bc	10,14
K2M0	7,50 a	0,15	9,87 ab	2,44	9,93 ab	2,40
K2M1	19,92 c	12,57	20,03 bc	12,60	22,50 c	14,97
K2M2	19,87 c	12,52	20,03 bc	12,60	22,40 c	14,87
K3M0	9,91 ab	2,56	9,98 ab	2,55	10,12 ab	2,59
K3M1	19,91 c	12,56	22,43 c	15	22,72 c	15,19
K3M2	22,41 c	15,06	22,43 c	15	25,33 c	17,80

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Peningkatan P – Tersedia terhadap kontrol (ppm).

K0 = pupuk kandang ayam 0 ton ha⁻¹; K1 = pupuk kandang ayam 10 ton ha⁻¹; K2 = pupuk kandang ayam 20 ton ha⁻¹; K3 = pupuk kandang ayam 30 ton ha⁻¹; M0 = Mikoriza 0 g tan⁻¹; M1 = Mikoriza 20 g tan⁻¹; M2 = Mikoriza 30 g tan⁻¹.

Berdasarkan dari hasil uji lanjut BNJ taraf 5%, bahwa pemberian pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha, 20 ton/ha, dan 30 ton/ha menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dan pemberian Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan dan 30 g/tan menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dalam meningkatkan P – tersedia tanah Andisol (Tabel 6). Pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan (K1M1) pengamatan 7 HST sampai dengan pengamatan 60 HST mengalami peningkatan P – tersedia sebesar 7,64 ppm sampai 9,94 ppm. Hal ini disebabkan karena adanya interaksi antara pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza yang mampu meningkatkan ketersediaan P pada tanah Andisol.

Pupuk kandang ayam yang berinteraksi dengan Inokulum Mikoriza dapat meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman karena adanya peran dari pupuk kandang ayam sebagai sumber makanan bagi Mikoriza dan menyumbangkan unsur P bagi tanah, dengan adanya Mikoriza sangat membantu untuk mempercepat

proses dekomposisi pupuk kandang ayam serta memiliki peran melepaskan unsur P yang terikat Al dan Fe dalam tanah menjadi unsur P yang tersedia bagi tanaman. Hal ini diduga karena pengaruh pemberian pupuk kandang ayam dengan inokulum Mikoriza menghasilkan asam – asam organik yang dapat mengakibatkan peningkatan P – tersedia dalam tanah menjadi lebih besar. Asam – asam organik yang berasal dari proses dekomposisi bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah melalui mekanisme anion organik bersaing dengan ortofosfat pada permukaan tapak jerapan koloid yang bermuatan positif (Premono, 1994).

Peningkatan P – tersedia tanah berhubungan erat dengan retensi P dalam tanah Andisol. Semakin tinggi retensi P dalam tanah maka semakin rendah P – tersedia dalam tanah. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza dapat menurunkan retensi P dalam tanah Andisol diduga karena adanya aktifitas Al dan Fe menurun karena membentuk senyawa khelat dengan asam – asam organik terutama asam humat dan asam fulvat sehingga menurunkan retensi P dan dapat meningkatkan kandungan P – tersedia dalam tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Devnita (2010), menyatakan bahwa bahan organik berupa asam humat dapat menurunkan retensi P melalui pembentukan kompleks Al dan Fe yang berkontribusi positif menurunkan retensi P pada Andisol.

4.4 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Retensi – P Tanah Andisol

Berdasarkan hasil analisis tanah, pengaruh pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza terdapat interaksi yang nyata dalam menurunkan retensi – P tanah (Lampiran 6d). Pemberian pupuk kandang ayam tanpa inokulum mikoriza menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dalam menurunkan retensi P pada tanah Andisol. Penurunan retensi P pada tanah Andisol mulai terjadi pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan dapat menurunkan retensi P tanah sebesar 3,04 % pada pengamatan 60 HST. Sedangkan pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza 30 g/tan menyebabkan penurunan retensi P sebesar 7,03% pada pengamatan 60 HST (Tabel 7). Hal ini disebabkan karena adanya dekomposisi dari

pupuk kandang ayam yang menghasilkan asam – asam organik dan sebagai sumber makanan bagi Mikoriza. Peran Mikoriza sebagai pelepasan unsur P yang terikat adanya Al dan Fe yang berkontribusi positif pada tanah Andisol menjadi unsur P yang dapat tersedia bagi tanaman. sehingga P – tersedia pada tanah menjadi tinggi.

Tabel 5. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Retensi P Tanah Andisol

Perlakuan	Retensi P (%)					
	7 HST	*Penuru Nan	30 HST	*Penuru Nan	60 HST	*Penuru Nan
K0M0	97,82 a	0	96,32 a	0	96,28 a	0
K0M1	97,82 a	0	95,59 a	0,75	95,59 a	0,71
K0M2	97,10 a	0,73	95,61 a	0,73	94,87 ab	1,46
K1M0	97,81 a	0,01	95,62 a	0,72	95,52 a	0,78
K1M1	94,82 ab	3,06	94,14 ab	2,26	93,35 b	3,04
K1M2	94,82 ab	3,06	93,36 b	3,07	93,28 bc	3,11
K2M0	97,78 a	0,03	95,60 a	0,74	95,56 a	0,74
K2M1	93,36 b	4,55	91,84 c	4,56	91,11 c	5,37
K2M2	92,64 b	5,29	91,14 c	5,37	90,41 cd	6,09
K3M0	97,79 a	0,04	95,55 a	0,80	95,50 a	0,81
K3M1	93,35 b	4,56	92,62 bc	3,84	91,03 cd	5,45
K3M2	91,88 b	6,46	91,12 c	5,39	89,51 d	7,03

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Persentase penurunan retensi P terhadap kontrol (%).

K0 = pupuk kandang ayam 0 ton ha⁻¹; K1 = pupuk kandang ayam 10 ton ha⁻¹; K2 = pupuk kandang ayam 20 ton ha⁻¹; K3 = pupuk kandang ayam 30 ton ha⁻¹; M0 = Mikoriza 0 g tan⁻¹; M1 = Mikoriza 20 g tan⁻¹; M2 = Mikoriza 30 g tan⁻¹.

Berdasarkan dari hasil uji lanjut BNJ taraf 5%, bahwa pemberian pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha, 20 ton/ha, dan 30 ton/ha menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dan pemberian Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan dan 30 g/tan menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dalam menurunkan retensi P tanah Andisol (Tabel 7). Hal ini diduga karena tingginya fiksasi P dalam tanah Andisol menyebabkan pemberian pupuk kandang ayam menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol. Pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 30 g/tan (K1M2) pengamatan 7 HST sampai dengan pengamatan 60 HST mengalami penurunan retensi P sebesar 3,06 % sampai

3,11 %. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza yang dapat membantu menurunkan retensi P dalam tanah melalui mekanisme akar yang terinfeksi akan menghasilkan asam – asam organik yang dapat melepaskan unsur P yang terikat menjadi P yang tersedia bagi tanaman. Penurunan retensi P yang terjadi memang cukup signifikan dari retensi P pengamatan 7 HST (97,82% - 91,88%), pada pengamatan 30 HST penurunan retensi P (96,32 – 91,12 %), dan pada pengamatan 60 HST penurunan retensi P (96,28 – 89,51 %). Penurunan terbesar pada retensi P tanah Andisol terjadi pada perlakuan K3M2 pengamatan 60 HST sebesar 7,03 %. Peristiwa ini mengacu pada kuatnya pengaruh mineral non kristalin alofan, imogolit dan ferihidrit dalam meretensi P pada tanah Andisol. Hal ini diduga karena ketika pemberian pupuk kandang ayam dan Mikoriza diberikan dalam jumlah besar ke dalam tanah, maka akan memblok muatan positif koloid tanah dengan mengisi tapak – tapak pertukaran. Koloid tanah akan menjadi lebih negatif dan fosfat yang teretensi dapat dilepaskan sehingga retensi P dalam tanah akan berkurang.

Wada (1985), menyatakan bahwa ketika koloid telah jenuh dengan amelioran, kemampuan alofan, imogolit dan ferihidrit untuk meretensi P kembali tinggi, sehingga retensi P sangat sulit untuk diturunkan menjadi lebih kecil dari 85 %. Bahan organik tidak dapat sekaligus memblok dan berkompetisi terhadap retensi P dengan mineral alofan dan imogolit, karena mineral tersebut mempunyai afinitas spesifik yang sangat tinggi terhadap P, dan tapak untuk jerapan bahan organik tidak cukup untuk menyerap P (Suntoro, 2003). Usaha untuk memblok jerapan P menggunakan pupuk kandang ayam dengan Mikoriza merupakan proses awal yang penting didalam menurunkan retensi P pada tanah Andisol. Penurunan retensi P akan terjadi secara besar jika alofan dan imogolit dihilangkan dengan asam oksalat (Utami, 1998).

4.5 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Derajat Koloni Mikoriza pada Akar Tanaman Jagung Manis

Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA taraf 5 % menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pupuk kandang ayam dengan dosis Mikoriza dalam meningkatkan derajat koloni Mikoriza (Lampiran 6k). Pada pengamatan derajat koloni Mikoriza pada akar tanaman jagung manis, didapatkan nilai kontrol

(K0M0) sebesar 5,28 % sedangkan pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dengan dosis 30 g/tan (K3M2) mendapatkan hasil derajat koloni Mikoriza sebesar 81,11 % (Tabel 8). Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh pemberian pupuk kandang ayam terhadap derajat kolonisasi Mikoriza pada akar tanaman jagung. Derajat koloni Mikoriza berhubungan erat dengan jumlah spora Mikoriza. Semakin banyak jumlah populasi spora Mikoriza, maka semakin besar akar yang terinfeksi oleh Mikoriza/ Hal ini dapat diduga karena adanya pupuk kandang ayam dapat memicu populasi jumlah spora Mikoriza dalam tanah, sehingga jumlah spora tersebut dapat menginfeksi akar tanaman jagung manis.

Tabel 6. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Derajat Koloni Mikoriza pada Akar Tanaman Jagung Manis

Kode	Perlakuan	Derajat Koloni Mikoriza (%)	*Peningkatan
K0M0	(tanpa Pukan Ayam+tanpa Mikoriza)	51,11 a	0
K0M1	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 20 g/tan)	53,33 a	4,34
K0M2	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 30 g/tan)	54,44 a	6,51
K1M0	(Pukan Ayam 10 ton/ha+tanpa Mikoriza)	52,22 a	2,17
K1M1	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	61,11 b	19,57
K1M2	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	62,22 b	21,73
K2M0	(Pukan Ayam 20 ton/ha+tanpa Mikoriza)	53,33 a	4,34
K2M1	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	77,78 c	52,18
K2M2	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	80,00 c	56,04
K3M0	(Pukan Ayam 30 ton/ha+tanpa Mikoriza)	54,44 a	6,51
K3M1	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	78,89 c	54,35
K3M2	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	81,11 c	58,69

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Persentase peningkatan derajat koloni Mikoriza terhadap kontrol (%).

Berdasarkan dari hasil uji lanjut BNJ taraf 5%, bahwa pemberian pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha, 20 ton/ha, dan 30 ton/ha menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dan pemberian Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan dan 30 g/tan menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dalam meningkatkan derajat

koloni Mikoiza. Peningkatan derajat koloni Mikoriza mulai terjadi pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan (K1M1) yang menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol. Pada perlakuan (K1M1) didapatkan nilai derajat koloni Mikoriza sebesar 61,11 %, peningkatan ini dapat terjadi karena adanya faktor penambahan pupuk kandang ayam yang dapat mempengaruhi jumlah spora dalam tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Subba (1982), bahwa bahan organik tanah mempunyai hubungan terhadap pertumbuhan jamur Mikoriza dalam tanah dan pada infeksi akar tanaman. Peningkatan tertinggi yakni pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 30 g/tan (K3M2) didapatkan nilai derajat koloni Mikoriza sebesar 81,11 %. Hal ini terjadi karena adanya pupuk kandang ayam dengan dosis yang tinggi dan Inokulum Mikoriza dengan dosis yang tinggi maka persentase peningkatan derajat koloni Mikoriza pada akar akan semakin besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Caiyan *et al.* (2012), bahwa penambahan bahan organik ke dalam tanah berupa pupuk kandang dapat berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Mikoriza arbuskular (MA) dapat hidup jika sesuai dengan kondisi lingkungan, serta sumber makanannya dapat tercukupi Mikoriza Arbuskula dapat meningkatkan serapan hara N, P, K dalam tanah sehingga dapat mencukupi kebutuhan hara tanaman. Akar tumbuhan yang bersimbiosis dengan Mikoriza Arbuskular (MA) lebih efisien dalam penyerapan air dan unsur hara dibandingkan dengan akar tumbuhan yang tidak bersimbiosis (Gange, 2000).

4.6 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Jumlah Spora Mikoriza pada Tanah Andisol

Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA taraf 5 %, menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pupuk kandang ayam dengan dosis Mikoriza dalam meningkatkan jumlah spora Mikoriza (Lampiran 6j). Pada pengamatan jumlah spora Mikoriza, didapatkan nilai kontrol (K0M0) sebesar 164 /100g tanah, mulai terjadi peningkatan jumlah spora Mikoriza pada perlakuan K1M1 sebesar 3,05 %, sedangkan peningkatan tertinggi yakni pada perlakuan K3M2 sebesar 4,89 % (Tabel 9). Hal ini diduga karena adanya penambahan pupuk kandang ayam yang dapat memicu populasi jumlah spora Mikoriza. Peningkatan jumlah spora Mikoriza

dalam tanah dapat dipengaruhi oleh bahan organik yang terkandung didalam tanah. Seiring bertambahnya jumlah spora dalam tanah maka akan mempengaruhi besarnya akar yang terinfeksi adanya spora mikoriza tersebut.

Tabel 7. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Jumlah Spora Mikoriza pada Tanah Andisol

Kode	Perlakuan	Jumlah Spora Mikoriza (/100g tanah)	*Peningkatan
K0M0	(tanpa Pukan Ayam+tanpa Mikoriza)	164 a	0
K0M1	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 20 g/tan)	167 b	1,83
K0M2	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 30 g/tan)	167 b	1,83
K1M0	(Pukan Ayam 10 ton/ha+tanpa Mikoriza)	165 a	0,60
K1M1	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	169 bc	3,05
K1M2	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	169 bc	3,05
K2M0	(Pukan Ayam 20 ton/ha+tanpa Mikoriza)	165 a	0,60
K2M1	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	170 c	3,65
K2M2	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	170 c	3,65
K3M0	(Pukan Ayam 30 ton/ha+tanpa Mikoriza)	166 ab	1,21
K3M1	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	170 c	3,65
K3M2	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	172 d	4,89

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Persentase peningkatan jumlah spora Mikoriza terhadap kontrol (%).

Berdasarkan dari hasil uji lanjut BNJ taraf 5%, bahwa pemberian pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha, 20 ton/ha menunjukkan tidak berbeda nyata dengan kontrol dan pemberian Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan dan 30 g/tan menunjukkan berbeda nyata dengan kontrol dalam meningkatkan jumlah spora dalam tanah. Hal ini dikarenakan adanya faktor penambahan bahan organik (pupuk kandang ayam) menyebabkan peningkatan jumlah spora Mikoriza. Peningkatan jumlah spora Mikoriza dipengaruhi oleh kondisi lingkungan hidup Mikoriza, bahan organik tanah sehingga inokulum Mikoriza dapat berkembang biak dengan baik, oleh karena itu dengan penambahan pupuk kandang ayam yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi inokulum Mikoriza. Hal ini sejalan dengan penelitian Puspita *et al.* (2013), bahwa penambahan bahan organik ke dalam tanah juga dapat

meningkatkan perkembangan mikroorganisme tanah, karena adanya suplai karbon sebagai energi untuk berkembangnya aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Peningkatan jumlah spora Mikoriza Arbuskula (MA) karena adanya peningkatan metabolisme tanaman seperti fotosintesis yang menghasilkan fotosintat. Hasil fotosintat tersebut disalurkan tanaman ke akar sebagai sumber karbon bagi Mikoriza Arbuskula (MA) untuk berkembang dengan membentuk spora yang lebih banyak (Sastrahidayat, 2005).

4.7 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Kadar P Tanaman Jagung Manis

Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA taraf 5 % menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pupuk kandang ayam dengan dosis Mikoriza dalam meningkatkan kadar P tanaman (Lampiran 6l). Pada kadar P tanaman, didapatkan nilai kontrol (K0M0) sebesar 0,41 % sedangkan pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dengan dosis 30 g/tan (K3M2) mendapatkan hasil kadar P tanaman sebesar 0,84 % (Tabel 10). Hal ini disebabkan oleh pengaruh pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza dapat meningkatkan jumlah kadar P yang diserap oleh tanaman jagung manis. Hasil dekomposisi bahan organik berupa asam-asam organik maupun ion P yang dihasilkan dari mineralisasi bahan organik tersebut berperan dalam meningkatkan P – tersedia yang dapat diabsorpsi tanaman sehingga unsur P dapat diserap tanaman. Hasil penelitian Premono *et al* (1992), bahwa mikroba pelarut fosfat secara nyata mampu mengurangi Fe, Mn, dan Cu yang terserap oleh tanaman jagung yang ditanam pada tanah masam, sehingga berada pada tingkat kandungan yang normal. Oleh karena penggunaan Inokulum Mikoriza sangat berperan dalam meningkatkan kadar P tanaman jagung manis pada tanah andisol.

Tabel 8. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Kadar P Tanaman Jagung Manis

Kode	Perlakuan	Kadar P Tanaman (%)	*Peningkatan
K0M0	(tanpa Pukan Ayam+tanpa Mikoriza)	0,41 a	0
K0M1	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 20 g/tan)	0,41 a	0
K0M2	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 30 g/tan)	0,41 a	0
K1M0	(Pukan Ayam 10 ton/ha+tanpa Mikoriza)	0,41 a	0
K1M1	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	0,68 ab	65,85
K1M2	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	0,68 ab	65,85
K2M0	(Pukan Ayam 20 ton/ha+tanpa Mikoriza)	0,41 a	0
K2M1	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	0,83 b	90,24
K2M2	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	0,83 b	90,24
K3M0	(Pukan Ayam 30 ton/ha+tanpa Mikoriza)	0,41 a	0
K3M1	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	0,83 b	90,24
K3M2	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	0,84 b	92,68

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Persentase peningkatan kadar P tanaman terhadap kontrol (%).

Peningkatan kadar P tanaman jagung manis mulai terjadi pada perlakuan K1M1 dapat meningkatkan 65,85 % dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan tertinggi kadar P tanaman jagung manis yakni pada perlakuan K3M2 dengan persentase peningkatan sebesar 92,68 % dibandingkan dengan kontrol. Hal ini terjadi karena adanya pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza dapat mempengaruhi peningkatan kadar P dalam jaringan tanaman jagung manis. Hal ini disebabkan karena adanya Inokulum Mikoriza yang berperan untuk melepaskan P yang terikat oleh Al dan Fe dalam tanah Andisol menjadi P yang tersedia bagi tanaman jagung manis. Peningkatan kadar P tanaman jagung berhubungan erat dengan ketersediaan P dalam tanah. Jika P – tersedia dalam tanah tinggi maka akan mempengaruhi bobot kering tanaman serta kadar P yang diserap oleh tanaman. Tanaman yang terinfeksi oleh Mikoriza dapat menyerap hara P secara cepat karena adanya peran Mikoriza yang memodifikasi akar tanaman jagung manis dengan hifa Mikoriza. Hal ini sejalan dengan penelitian Sari (2014), menyatakan bahwa saat tanaman membentuk perakaran dan pada akar tersebut terinfeksi spora Mikoriza

dapat menyerap hara P yang tersedia di dalam tanah lebih cepat, peran mikoriza yakni memodifikasi akar tanaman supaya lebih mudah mendapatkan unsur hara yang dibutuhkan. Mikoriza mempunyai enzim fosfatase, dimana enzim tersebut dapat melepaskan P anorganik dari P organik di daerah permukaan sel dan dapat diserap melalui mekanisme serapan (Marschner, 1992).

4.8 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Bobot Kering Tanaman Jagung Manis

Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA taraf 5 % menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pupuk kandang ayam dengan dosis Mikoriza dalam meningkatkan bobot kering tanaman (Lampiran 6m). Pada bobot kering tanaman pengamatan, didapatkan nilai kontrol (K0M0) sebesar 42,7 g sedangkan pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dengan dosis 30 g/tan (K3M2) mendapatkan hasil bobot kering tanaman sebesar 88,5 g (Tabel 11). Hal ini diduga akibat pengaruh penambahan pupuk kandang ayam dan Inokulum Mikoriza dapat mempengaruhi persentase peningkatan bobot kering tanaman jagung manis.

Tabel 9. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Bobot Kering Tanaman Jagung Manis

Kode	Perlakuan	Bobot Kering Tanaman (g)	*Peningkatan
K0M0	(tanpa Pukan Ayam+tanpa Mikoriza)	47,6 a	0
K0M1	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 20 g/tan)	47,7 a	0,21
K0M2	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 30 g/tan)	47,9 a	0,63
K1M0	(Pukan Ayam 10 ton/ha+tanpa Mikoriza)	47,8 a	0,42
K1M1	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	66,0 b	38,66
K1M2	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	66,4 b	39,49
K2M0	(Pukan Ayam 20 ton/ha+tanpa Mikoriza)	48,0 a	0,84
K2M1	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	86,7 cd	82,14
K2M2	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	87,1 d	82,98
K3M0	(Pukan Ayam 30 ton/ha+tanpa Mikoriza)	48,1 a	1,05
K3M1	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	86,3 c	81,30
K3M2	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	88,5 e	85,92

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Persentase peningkatan bobot kering tanaman terhadap kontrol (%).

Peningkatan pada bobot kering tanaman mulai terjadi pada perlakuan K1M1 dengan nilai persentase peningkatan sebesar 38,66 %. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza yang berperan dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman jagung manis. Peningkatan bobot kering berhubungan erat dengan kadar P yang diserap oleh tanaman jagung manis, pada kadar P tanaman perlakuan K1M1 didapatkan nilai 0,68 % dapat meningkatkan bobot kering tanaman sebesar 66 g. Bobot kering tanaman mencerminkan nutrisi tanaman karena bobot kering tanaman tersebut tergantung pada fotosintesis. Pertumbuhan dan pembentukan organ vegetatif tanaman berpengaruh terhadap bobot kering. Proses ini sangat dipengaruhi oleh persediaan unsur hara serta laju fotosintesis tanaman (Imas *et al.*, 1989). Peningkatan bobot kering dan kadar P tanaman jagung manis sangat mempengaruhi persentase peningkatan serapan P tanaman jagung manis. Serapan P tanaman didapatkan dari hasil perkalian antara bobot kering tanaman dengan kadar P yang diserap tanaman.

4.9 Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Serapan P Tanaman Jagung Manis

Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA taraf 5 % menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata antara pupuk kandang ayam dengan dosis Mikoriza dalam meningkatkan kandungan serapan P tanaman (Lampiran 6n). Pada serapan P tanaman jagung manis, didapatkan nilai kontrol (K0M0) sebesar 193 mg/tan, sedangkan pada perlakuan pupuk kandang ayam dengan dosis 30 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dengan dosis 30 g/tan (K3M2) mendapatkan hasil serapan P tanaman sebesar 742,46 mg/tan (Tabel 12). Hal ini diduga akibat pemberian Inokulum Mikoriza dengan pupuk kandang ayam dalam peningkatan serapan P tanaman jagung menjadi tinggi. Asam-asam organik seperti asam sitrat, asam malat, dan asam asetat merupakan anion pesaing yang dapat menutup permukaan mineral amorf (alofan) dan oksida hidrat Al dan Fe sehingga mendesak ion fosfat dari tapak-tapak jerapan sehingga P menjadi tersedia (Beck *et al.*, 1999).

Tabel 10. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Inokulum Mikoriza terhadap Serapan P Tanaman Jagung Manis

Kode	Perlakuan	Serapan P Tanaman (mg/tan)	*Peningkatan
K0M0	(tanpa Pukan Ayam+tanpa Mikoriza)	193,01 a	0
K0M1	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 20 g/tan)	195,33 a	2,32
K0M2	(tanpa Pukan Ayam+Mikoriza 30 g/tan)	196,31 a	3,30
K1M0	(Pukan Ayam 10 ton/ha+tanpa Mikoriza)	195,33 a	2,32
K1M1	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	449,81 b	256,80
K1M2	(Pukan Ayam 10 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	453,92 b	260,91
K2M0	(Pukan Ayam 20 ton/ha+tanpa Mikoriza)	195,13 a	2,12
K2M1	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	715,92 c	522,91
K2M2	(Pukan Ayam 20 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	724,17 c	531,16
K3M0	(Pukan Ayam 30 ton/ha+tanpa Mikoriza)	195,68 a	2,67
K3M1	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 20 g/tan)	717,47 c	524,46
K3M2	(Pukan Ayam 30 ton/ha+Mikoriza 30 g/tan)	742,46 c	549,45

Keterangan : Angka – angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ taraf 5%.

* = Peningkatan serapan P tanaman terhadap kontrol (mg/tan).

Berdasarkan dari hasil uji BNJ taraf 5 %, bahwa peningkatan serapan P tanaman jagung manis mulai terjadi pada perlakuan pupuk kandang ayam dosis 10 ton/ha dengan Inokulum Mikoriza dosis 20 g/tan (K1M1), didapatkan nilai serapan P tanaman sebesar 449,81 mg/tan. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza yang berperan dalam menyediakan unsur P bagi tanaman. Unsur P yang terkandung dalam tanah Andisol sangat banyak, tetapi karena adanya Al dan Fe yang tinggi pada tanah menyebabkan unsur P dalam tanah menjadi terikat atau dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu fungsi dari Inokulum Mikoriza dapat membantu melepaskan unsur P yang terikat adanya Al dan Fe yang terkandung dalam tanah Andisol. Mekanisme Mikoriza dalam pelepasan unsur P yang terikat yakni dengan cara memodifikasi akar tanaman dengan hifa Mikoriza sehingga akar tanaman yang terinfeksi dapat mengeksudasi asam – asam organik dan enzim fosfatase yang memicu proses mineralisasi unsur P. Hal ini sejalan dengan penelitian Musfal (2008) dan Kabirun (2002), bahwa Tingginya serapan P oleh tanaman yang

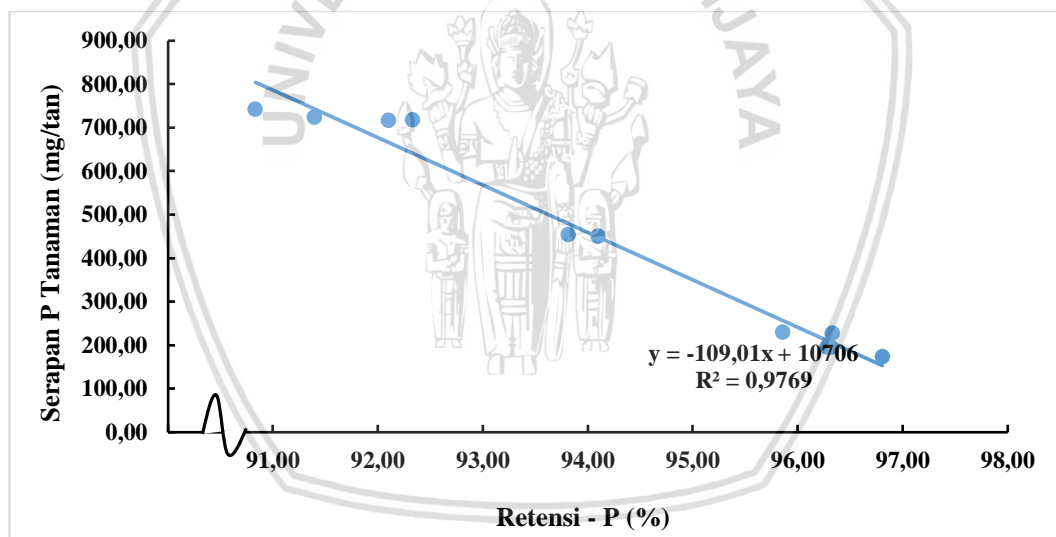
terinfeksi Mikoriza Arbuskular (MA) disebabkan hifa Mikoriza Arbuskular (MA) mengeluarkan enzim fosfatase sehingga P yang terikat di dalam tanah akan terlarut dan tersedia bagi tanaman.

4.10 Hubungan Antar Parameter Pengamatan

Hubungan antar parameter pengamatan disajikan pada matrik korelasi (Lampiran 5). Berikut penjelasan hubungan retensi P, derajat koloni Mikoriza, Jumlah spora Mikoriza terhadap serapan P tanaman jagung manis.

a) Hubungan Retensi – P dengan Serapan P tanaman Jagung manis

Berdasarkan dari hasil uji korelasi antara Retensi P terhadap serapan P tanaman didapatkan nilai sebesar $-0,9826$ (Lampiran 5) yang berarti bahwa pengaruh Retensi P terhadap serapan P tanaman adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi Retensi P maka serapan P tanaman akan semakin kecil.



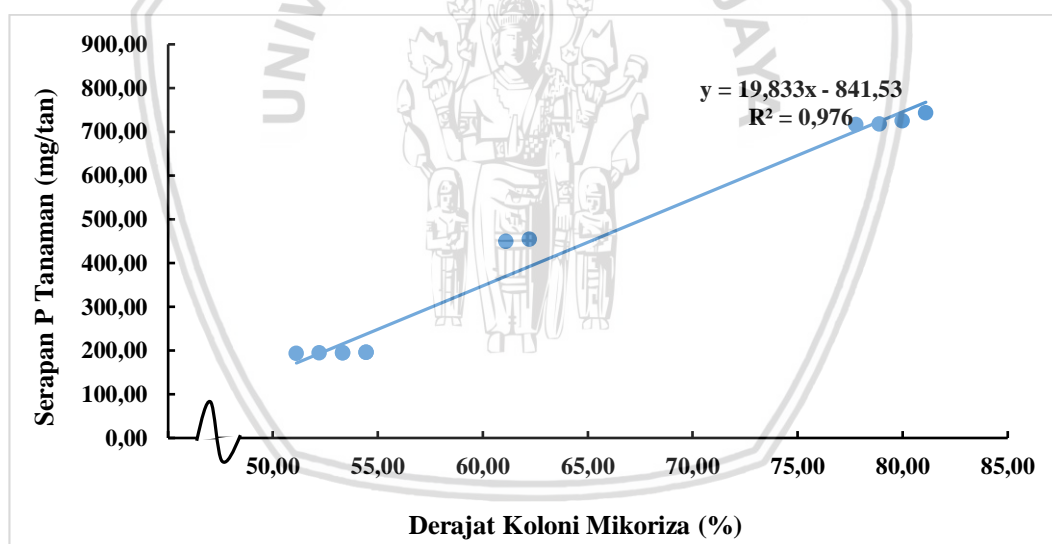
Gambar 1. Hubungan rata - rata retensi P terhadap serapan P tanaman jagung

Berdasarkan dari hasil uji regresi rata – rata retensi P tanah Andiol dengan serapan P tanaman jagung manis dapat diketahui bahwa pengaruh retensi P tanah terhadap serapan P tanaman jagung manis adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi rata – rata retensi P tanah Andiol maka serapan P tanaman jagung manis akan semakin kecil. Besarnya pengaruh hubungan rata – rata retensi P tanah Andiol dengan serapan P tanaman jagung manis dapat dilihat dari R^2 sebesar 0,976 (Gambar 4) yang berarti pengaruh rata – rata retensi P terhadap serapan P tanaman jagung manis adalah sebesar 97,6 %. Hal ini diduga karena adanya alofan dan

imogolit pada tanah Andisol yang menyebabkan unsur P menjadi tidak tersedia bagi tanaman, oleh karena itu dengan adanya penambahan bahan organik (pupuk kandang ayam) dengan Inokulum Mikoriza dapat menurunkan retensi P tanah Andisol serta dapat meningkatkan serapan P pada tanaman jagung manis. Karena adanya aktifitas Al dan Fe menurun karena membentuk senyawa khelat dengan asam – asam organik terutama asam humat dan asam fulvat sehingga meningkatkan kandungan P – tersedia bagi tanaman (Suntoro, 2003).

b) Hubungan Derajat Koloni Mikoriza dengan Serapan P tanaman Jagung Manis.

Berdasarkan dari hasil uji korelasi antara derajat koloni Mikoriza terhadap serapan P tanaman jagung manis didapatkan nilai sebesar 0,9879 (Lampiran 5) yang berarti bahwa pengaruh derajat koloni Mikoriza terhadap serapan P tanaman jagung manis adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi derajat koloni Mikoriza maka serapan P tanaman jagung manis akan semakin besar.



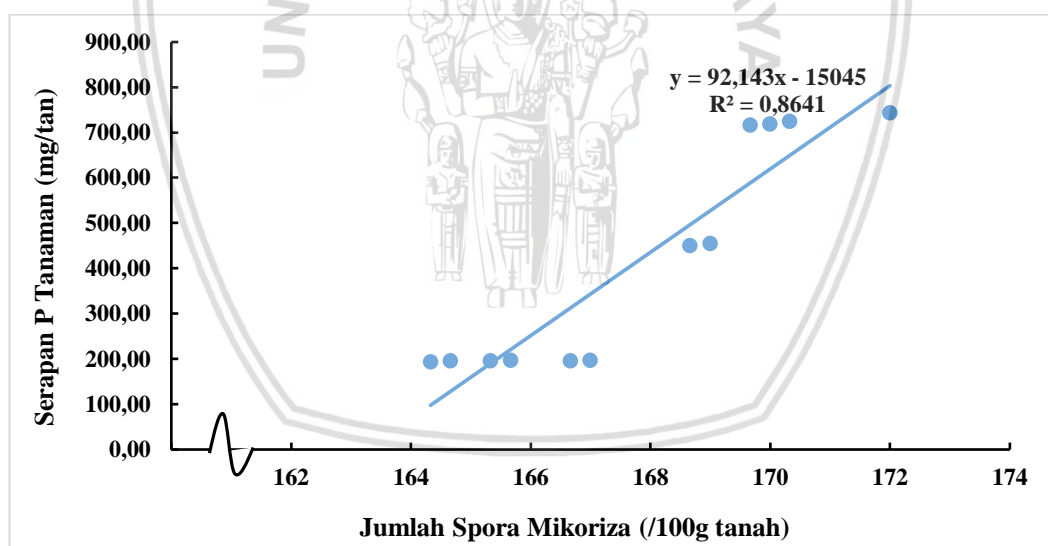
Gambar 2. Hubungan derajat koloni Mikoriza terhadap serapan P tanaman jagung

Berdasarkan dari hasil uji regresi derajat koloni Mikoriza dengan serapan P tanaman dapat diketahui bahwa pengaruh derajat koloni Mikoriza terhadap serapan P tanaman jagung manis adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi derajat koloni Mikoriza maka serapan P tanaman jagung manis akan semakin besar. Besarnya pengaruh hubungan derajat koloni Mikoriza dengan serapan P tanaman dapat dilihat dari R^2 sebesar 0,976 (Gambar 5) yang berarti pengaruh derajat koloni Mikoriza terhadap serapan P tanaman adalah sebesar 97,6 %. Hal ini diduga karena

adanya pemberian inokulum Mikoriza yang dapat meningkatkan serapan hara bagi tanaman dengan cara menginfeksi akar tanaman yang bertujuan untuk mempermudah akar tanaman dalam menyerap unsur hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan serapan P tanaman, oleh karena itu hubungan derajat koloni Mikoriza sangat erat dengan serapan P tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Prasetya (2005), bahwa pemberian bahan organik sampai dengan pemberian tertinggi (15 ton/ha) dapat meningkatkan jumlah infeksi pada akar sehingga akar tanaman yang terinfeksi mampu menyerap kandungan hara dalam tanah.

c) Hubungan Jumlah Spora Mikoriza dengan Serapan P tanaman Jagung Manis.

Berdasarkan dari hasil uji korelasi antara jumlah spora Mikoriza terhadap serapan P tanaman didapatkan nilai sebesar 0,9157 (Lampiran 5) yang berarti bahwa pengaruh jumlah spora Mikoriza terhadap serapan P tanaman adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi jumlah spora Mikoriza maka serapan P tanaman akan semakin besar.



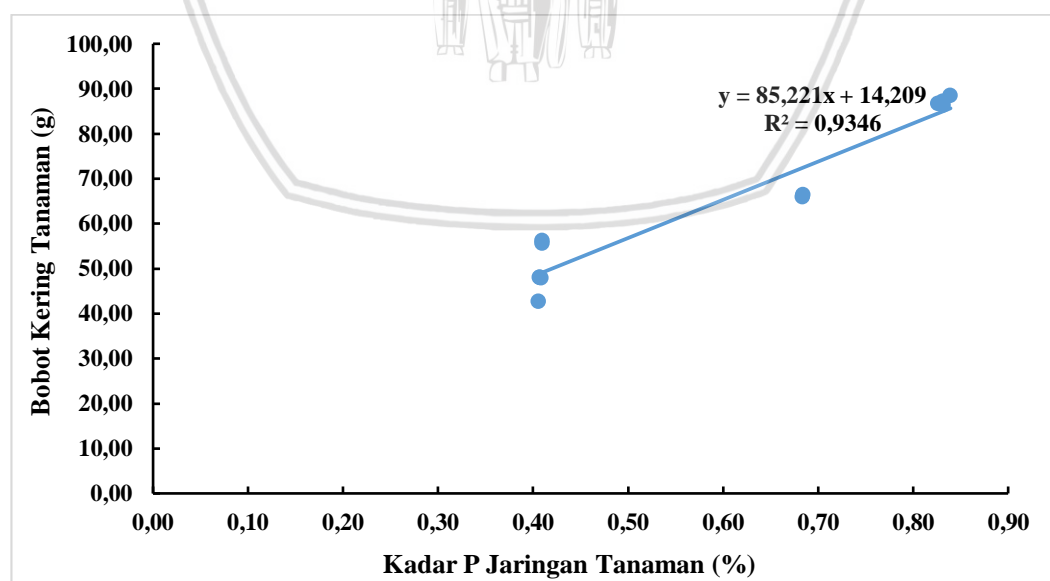
Gambar 3. Hubungan jumlah spora Mikoriza terhadap serapan P tanaman jagung

Berdasarkan dari hasil uji regresi jumlah spora Mikoriza dengan serapan P tanaman dapat diketahui bahwa pengaruh jumlah spora Mikoriza terhadap serapan P tanaman adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi jumlah spora Mikoriza maka serapan P tanaman akan semakin besar. Besarnya pengaruh hubungan jumlah spora Mikoriza dengan serapan P tanaman dapat dilihat dari R^2 sebesar 0,864 (Gambar 6) yang berarti pengaruh jumlah spora Mikoriza terhadap serapan P

tanaman adalah sebesar 86,4 %. Hal ini diduga karena adanya penambahan inokulum Mikoriza menyebabkan serapan P tanaman menjadi meningkat. Karena jumlah spora Mikoriza dalam tanah menginfeksi akar tanaman, sehingga tanaman dapat menyerap unsur hara dalam tanah lebih cepat, oleh karena itu hubungan jumlah spora dengan derajat koloni Mikoriza sangat erat dalam meningkatkan serapan P tanaman jagung manis. Menurut Sanders & Sheikh (1983) mengemukakan bahwa kerapatan propagul merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi infeksi primer di samping perkecambahan spora, kecepatan pertumbuhan hifa di media dan kecepatan pertumbuhan akar tanaman. Adaptasi yang tinggi menyebabkan spora dapat berkecambah dan selanjutnya menginfeksi jaringan akar tanaman dan menyebar di akar tanaman serta meningkatkan serapan hara bagi tanaman.

d) Hubungan Kadar P Jaringan Tanaman dengan Bobot Kering Tanaman Jagung Manis

Berdasarkan dari hasil uji korelasi antara kadar P tanaman terhadap bobot kering tanaman didapatkan nilai sebesar 0,9899 (Lampiran 5) yang berarti bahwa pengaruh kadar P tanaman terhadap bobot kering tanaman adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi kadar P tanaman maka bobot kering tanaman akan semakin besar.



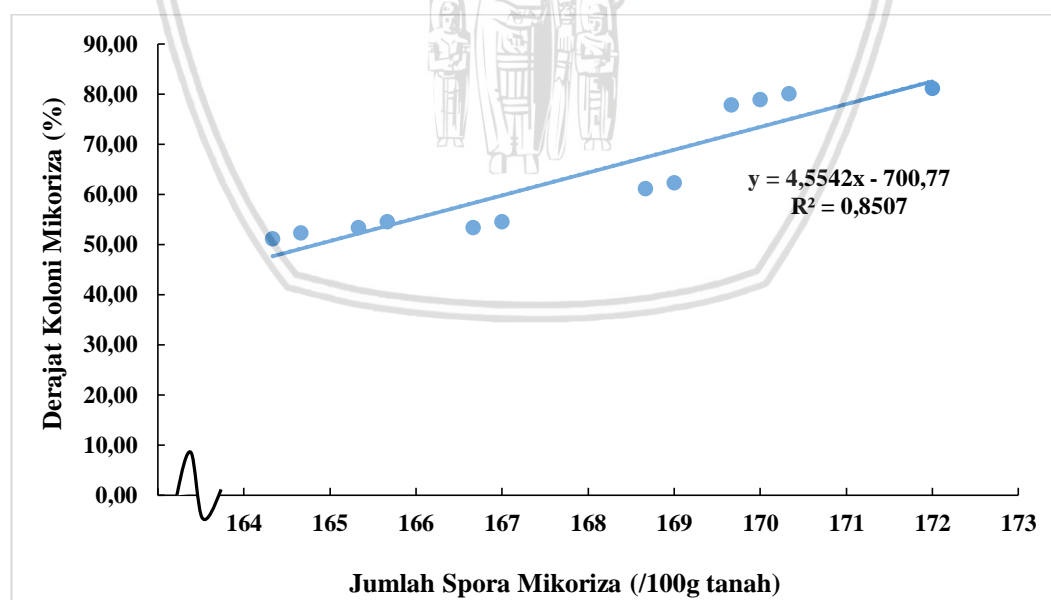
Gambar 4. Hubungan kadar P tanaman dengan bobot kering tanaman jagung

Berdasarkan dari hasil uji regresi kadar P tanaman dengan bobot kering tanaman dapat diketahui bahwa pengaruh kadar P tanaman terhadap bobot kering

tanaman adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi kadar P tanaman maka bobot kering tanaman akan semakin besar. Besarnya pengaruh hubungan kadar P tanaman dengan bobot kering tanaman dapat dilihat dari R^2 sebesar 0,934 (Gambar 7) yang berarti pengaruh kadar P tanaman terhadap bobot kering tanaman adalah sebesar 93,4 %. Hal ini diduga karena bobot kering tanaman dapat mempengaruhi jumlah kadar P dalam tanaman. Semakin tinggi kadar P yang diserap oleh tanaman maka bobot kering tanaman akan semakin besar. Bobot kering tanaman mencerminkan nutrisi tanaman karena bobot kering tanaman tersebut tergantung pada fotosintesis. Pertumbuhan dan pembentukan organ vegetatif tanaman berpengaruh terhadap bobot kering. Proses ini sangat dipengaruhi oleh persediaan unsur hara serta laju fotosintesis tanaman (Imas *et al.*, 1989).

e) **Hubungan Derajat Koloni Mikoriza dengan Jumlah Spora Mikoriza**

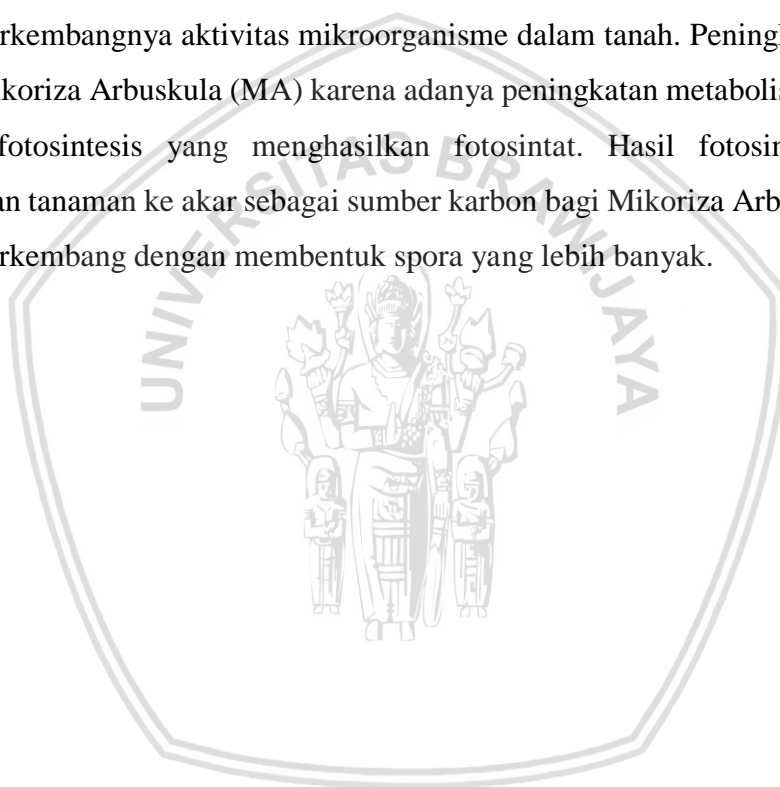
Berdasarkan dari hasil uji korelasi antara derajat koloni Mikoriza terhadap jumlah spora Mikoriza didapatkan nilai sebesar 0,9057 (Lampiran 5) yang berarti bahwa pengaruh derajat koloni Mikoriza terhadap jumlah spora Mikoriza adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi derajat koloni Mikoriza maka jumlah spora Mikoriza akan semakin besar.



Gambar 5. Hubungan jumlah spora Mikoriza dengan derajat koloni Mikoriza

Berdasarkan dari hasil uji regresi derajat koloni Mikoriza dengan jumlah spora Mikoriza dapat diketahui bahwa pengaruh derajat koloni Mikoriza terhadap jumlah spora Mikoriza adalah signifikan (bermakna). Semakin tinggi derajat koloni

Mikoriza maka jumlah spora Mikoriza akan semakin besar. Besarnya pengaruh hubungan derajat koloni Mikoriza dengan jumlah spora Mikoriza dapat dilihat dari R^2 sebesar 0,850 (Gambar 8) yang berarti pengaruh derajat koloni Mikoriza terhadap jumlah spora Mikoriza adalah sebesar 85 %. Hal ini diduga karena adanya penambahan bahan organik (pupuk kandang ayam) dapat mempengaruhi jumlah spora dalam tanah menjadi lebih banyak, semakin banyak jumlah spora dalam tanah maka akan semakin besar akar tanaman yang terinfeksi. Puspita *et al.*, (2013), bahwa penambahan bahan organik ke dalam tanah juga dapat meningkatkan perkembangan mikroorganisme tanah, karena adanya suplai karbon sebagai energi untuk berkembangnya aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Peningkatan jumlah spora Mikoriza Arbuskula (MA) karena adanya peningkatan metabolisme tanaman seperti fotosintesis yang menghasilkan fotosintat. Hasil fotosintat tersebut disalurkan tanaman ke akar sebagai sumber karbon bagi Mikoriza Arbuskula (MA) untuk berkembang dengan membentuk spora yang lebih banyak.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Pemberian pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza berpengaruh nyata dalam menurunkan retensi – P pada tanah Andisol. Penurunan retensi P terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 3,04 %, sedangkan penurunan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu menurunkan retensi – P pengamatan 60 hst sebesar 7,03 %.
- 2) Pemberian pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza berpengaruh nyata dalam meningkatkan serapan P tanaman jagung manis. Peningkatan serapan P tanaman terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 256,80 mg/tan, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu meningkatkan serapan P tanaman jagung manis pengamatan 60 hst sebesar 549,45 mg/tan.
- 3) Pemberian pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza berpengaruh nyata dalam meningkatkan derajat koloni Mikoriza. Peningkatan derajat koloni terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 19,57%, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu meningkatkan derajat koloni Mikoriza pengamatan 60 hst sebesar 58,69 %.
- 4) Pemberian pupuk kandang ayam dengan Inokulum Mikoriza berpengaruh nyata dalam meningkatkan jumlah spora Mikoriza. Peningkatan jumlah spora Mikoriza terjadi pada perlakuan K1M1 sebesar 3,05 %, sedangkan peningkatan terbesar terjadi pada perlakuan K3M2 mampu meningkatkan jumlah spora pengamatan 60 hst sebesar 4,89 %.

5.2 Saran

Tanah Andisol memiliki Retensi – P sangat tinggi, untuk mengetahui lebih lanjut sebaiknya dilakukan analisis kandungan Al dan Fe dalam Tanah Andisol.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. *Tanaman Pangan, Produksi Jagung 2013 – 2016*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang. Provinsi Jawa Timur.
- Balkovic, J. 2002. *Selected Properties of Andic Soils – An Introduction to Volcanic Soils in Slovakia*. COST 622 Meeting : *Soil Resources of European Volcanic System in Manderscheid/Vulkaneifel*. 26-28.
- Beck, M. A., W. P. Probarge and S. W. Boul. 1999. *Phosphorus Retention and Release of Anions and Organic Carbon by Two Andisols*. *Europ. J. Of Soil Sci.* 50:157-164.
- Brady, N.C. and R.R. Weil, 2002. *The Nature and Properties of Soils. 31th ed. Prentice-Hall*, Upper Saddle River, New York. 511 p.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajezuk. 1996. *Working with mycorrhizal in forestry and agriculture*. ACIAR, Canberra.
- Caiyan, L., C. Xin, S. Yi and Z. Muqiu. 2012. *Accumulation of Soluble Organic Nitrogen Under Intensive Vegetable Production Pattern in Northeast China*. *Biorescience Technology*. 26:82-84.
- Darmawijaya. 1990. *Klasifikasi Tanah*. Yogyakarta: Gajah Mada University Pr.
- Devnita, R. 2010. *Pengaruh Berbagai Bahan Amelioran Terhadap pH₀, Retensi P dan KTK Pada Beberapa Andiol di Jawa Barat*. Laporan Penelitian. Universitas Padjadjaran.
- Duxbury, J.M, M.S. Smith and J.W.Doran. 1989. *Soil Organic Matter as a Source and a Sink of Plant Nutrient*. P. 33 – 67. In *Dynamic of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystem*. Dept.of Agros and Soil Sci.Univ.of Hawaii.
- Fox, R.L., and Kamprath E.J. 1970. *Phosphate Sorption Isotherms for Evaluating the Phosphate Requirement of Soils*. *Soil Sci. Soc. Am. Pro.* 34: 902 – 907.
- Gange, A. 2000. *Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Collembola and Plant Growth*. *Tree*. 15:369-372.
- Hakim, N., M.Y. Nyakpa., A.M.Lubis., S. G. Nugroho., M. R. Saul., M. A. Diha., Go Bang Hong dan H. H. Bailey. 1986. *Dasar – dasar Ilmu Tanah. Jagung*. Universitas Lampung. Lampung.
- Hakim, 1991. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.
- Hasan, S., Y. Masuda, M. Shimojo & A. Natsir. 2005. *Changes in the chemical and physical soil conditions of a marginal land planted with three strata forage system under three years of grazing*. *J. Fac.Agr. Kyushu Univ.* 50:129–133.
- Hawkes, C.V., K.M. DeAngelis, M.K. Firestone. 2007. *Root Interactions with Soil Microbial Communities and Processes*. p. 1-30. In *Cordon, Z.G., J.L.*

- Whitbeck. (Eds.). The Rhizosphere: An Ecological Perspective. Academic Press, New York.
- Hue, N.V., G.R. Craddock, and F. Adamet. 1986. *Effect of organic acids on aluminium toxicity in subsoils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 50: 28-34.
- Imai, H., K. W. T. Goulding and O. Talibudeen, 1981. *Phosphate Absorption in Allophanic Soils*. J. Soil Sci. 32:555-570.
- Imas, Tedja, R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan dan Y. Setiadi. 1989. *Mikrobiologi Tanah. Jilid II*. Pusat Antar Universitas dan LSI IPB. Bogor. 117 hal.
- Invam. 2005. Fungal Taxonomy International Culture Collection of (vesicular) Arbuscular Mycorrhiza fungi. <https://invam.wvu.edu/methods/mycorrhizae/staining-roots>. Akses tanggal 13 Maret 2018.
- Jastrow, D.J., Amonette, J.E. and Bailey, V.L. 2007. *Mechanisms controlling soil carbon turnover and their potential application for enhancing carbon sequestration*. Climatic Change. 80:5–23.
- Kabirun, S. 2004. *Peranan Mikoriza Arbuskula Pada Pertanian Berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Mikrobiologi*. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Lahuddin, Ir. MS and Zulkifli Nasution. 2006. *The Influence of fertilizers, soil type on chemistry of flooded soils and plant growth*. Wetland Science 3 : 161 – 167.
- Marschner, H. 1992. *Mineral Nutrition in Higher Plant*. Academic Press Inc, London.
- Mizota, C., & L.P. van Reeuwijk. 1989. *Clay Mineralogy and Chemistry of Soils Formed in Volcanic Material in Diverse Climate Regions*. ISRIC, Wageningen, Netherland.
- Musfal. 2008. *Efektifitas Mikoriza Arbuskula (MA) terhadap Pemberian Pupuk Spesifik Lokasi Tanaman Jagung pada Tanah Inceptisol*. Tesis. Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Noor. A. 2005. *Peranan fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang dalam meningkatkan serapan hara dan hasil kedelai*. J. Tanah dan Lingkungan. 7(2): 41-47.
- Nuhamara, S.T. 1993. *Peranan mikoriza untuk reklamasi lahan kritis. Program Pelatihan Biologi dan Bioteknologi Mikoriza*. Universitas Sebelas Maret, Solo.
- Pramono, Joko. 2004. *Kajian penggunaan bahan organik pada padi sawah*. Agrosains. 6 (1):5-10.
- Prasetya, B. 2003. Potensi Andisol sebagai sumber isolat Mikoriza Arbuskula untuk tanaman kentang. J. Agritek. 11 (2).

- Premono, E.M. 1994. *Jasad Renik Pelarut Fosfat, Pengaruhnya Terhadap P Tanah dan Efisiensi Pemupukan P Tanaman Tebu*. Disertasi. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Purwono dan Heni, P. 2011. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. 139 hlm.
- Puspita, D., A. Muhibuddin dan T. Sumarni. 2013. *Aplikasi CMA dan Bokashi dalam Meminimalisir Pemberian Pupuk Anorganik pada Produksi Benih Tanaman Jagung Ketan*. J.Produksi Tanaman. 5(1):398-407.
- Samekto. R. 2006. *Pupuk Kandang*. PT. Citra Aji Parama. Yogyakarta.
- Sanchez, P.A. 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Santoso, B., F. Haryanti dan S.A. Kadarsih. 2004. *Pengaruh pemberian pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan produksi serat tiga klon rami di lahan aluvial Malang*. J. Pupuk. 5(2):14-18.
- Sari, D. N. 2014. *Pengaruh Ukuran Butir dan Dosis Pupuk Fosfatsuper yang Diasidulasi Limbah Cair Tahu terhadap Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (Zea Mays L.)*. Seminar hasil penelitian. 17 hlm.
- Sastrahidayat, I. R. 2005. *Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza (VAM) pada Tanaman Bawang-bawangan dan Pengaruhnya terhadap Tingkat Serangan Alternaria porri*. Laporan Penelitian. Faperta Unibraw. Malang.
- Setiadi, Y. 2000. *Status Penelitian dan Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskular dan Rhizobium untuk Merehabilitasi Lahan Terdegradasi*. Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I. Bekerjasama dengan AMI dan PAU Bioteknologi IPB, Bogor. Hal 11-23.
- Shoji, S M. Nanzyo and R. Dahlgren. 1993. *Volcanic Ash Soil – Genesis, Properties and Utilization*. Hal. 37-71. Developments in Soil Sci 21.Elsevier. Amsterdam.
- Soil Survey Staff. 1998. *Keys to Soil Taxonomy*. USDA Soil Surveys Staff. USA.
- Suntoro. 2003. *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya*. Universitas Sebelas Maret Press. Surakarta.
- Suryanti, S. 2015. *Hubungan Antara Sifat Perakaran, sifat fisiologis dan ketergantungan terhadap mikoriza pada kultivar kedelai dengan mekanisme ketahanan terhadap cekaman kekeringan*. Disertasi. UGM. Yogyakarta.
- Sutanto. 2002. *Penerapan Pertanian Organik*. Kanisius. Yogyakarta.
- Syekhfani. 2000. *Arti Penting Bahan Organik bagi Kesuburan Tanah*. Konggres I dan Semiloka Nasional. MAPORINA. Batu, Malang : 18.
- Tan. K. H. 1991. *Dasar – dasar Kimia Tanah*. Gumadi DH, penerjemah. Yogyakarta: Gajah Mada University Pr.

- Utami, S.N. dan Handayani, S. 2003. *Sifat kimia Entisol pada sistem pertanian organik*. Ilmu Pertanian 10 (2) : 63-69.
- Van Ranst, E., F. De Coninck and J. Debaveye. 1993. *Implication of Charge Properties and Chemical Management of volcanic Ash Soils in West Cameroon*. Proc. In 2nd African Soil Sci. Soc. Conf. 255 – 264.
- Wada. K. 1985. *The Distinctive Properties of Andisols*.Springler-verlag. New York : 174 – 229.
- Widowati, L.R., Sri Widati, U. Jaenudin, dan W. Hartatik. 2005. *Pengaruh Kompos Pupuk Organik yang Diperkaya dengan Bahan Mineral dan Pupuk Hayati terhadap Sifat-sifat Tanah, Serapan Hara dan Produksi Sayuran Organik*. Laporan Proyek Penelitian Program Pengembangan Agribisnis, Balai Penelitian Tanah, TA 2005 (Tidak dipublikasikan).
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Gava Media. Yogyakarta.
- Young. A. 1976. *Tropical Soil and Soil*. Cambridge University Press. disadur dari Kaunang Dj. 2008. Andisols (Andisol). Soil Environment 6 (2): 109 – 113.
- Yuan, G., B. K. G. Theng, R. L. Parfit dan H. Percival. 2000. Interaction of allophane with Humic Acid and Cations. Europ. J.of Soil Sci. 51: 35 – 41.

